UNIVERSITY OF TORONTO
3 1761 00836648 6

Fortschritte
der
naturwissenschaftlichen Forschung
herausgegeben von
E. Abderhalden.
7. Band.

URBAN & SCHWARZENBERG
Berlin · Wien

Ex lib
Prof. T. S. Brodie
S.C
A 135 Ab

FORTSCHRITTE

DER

NATURWISSENSCHAFTLICHEN FORSCHUNG.

HERAUSGEGEBEN VON

PROF. DR. EMIL ABDERHALDEN,

DIREKTOR DES PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTES DER UNIVERSITÄT HALLE a. S.

SIEBENTER BAND.

MIT 106 TEXTABBILDUNGEN.

32667
5
36
4

URBAN & SCHWARZENBERG

BERLIN N., FRIEDRICHSTRASSE 105b

WIEN I., MAXIMILIANSTRASSE 4

1913.

QH
9
F6
Bd. 7

Alle Rechte vorbehalten

Copyright, 1913, by Urban & Schwarzenberg, Berlin.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Der gegenwärtige Stand der Seenforschung von Prof. Dr. W. Halbfaß, Jena 1

Vergleichende Neurologie und Psychologie von Dr. V. Franz, Frankfurt a. M. 73

Perlen (Altes und Neues über ihre Struktur, Herkunft und Verwertung) von Geh. Rat Prof. Dr. E. Korschelt, Marburg . . . 111

Neuere Fortschritte in der Radiotelegraphie von Dr. Gustav Eichhorn, Zürich 191

Die Entstehung und Erwerbung der Menschenmerkmale von Prof. Dr. Hermann Klaatsch, Breslau 210

Der gegenwärtige Stand der Seenforschung.

Von **W. Halbfaß**, Jena.

II. Topographie, Hydrographie, Geologie der europäischen Seen.

1. Rußland.

Max von zur Mühlen[1]) hat über die Seen von Tilsit, Alt-Weimel und Schreibershof Untersuchungen angestellt, namentlich in bezug auf die Verbreitung der in ihnen enthaltenen Pflanzen und die Beschaffenheit ihrer Ufer. Daneben werden auch Lotungen gemacht, allerdings wohl nicht in genügender Zahl, so daß die der Abhandlung beigegebenen Tiefenkarten in 1 : 5200 nur als provisorische anzunehmen sind. Sämtliche untersuchten Seen, 17 an der Zahl, sind nur klein, der größte ist der Raipalsee, der 32 *ha* groß und 33 *m* tief wird, der zweitgrößte See ist der Nixensee, der nur 13 *ha* groß ist, aber mit 41 *m* Maximaltiefe der tiefste See Livlands zu sein scheint. Seine mittlere Böschung beträgt 16°, ein hoher Wert, der nur von wenigen Seen erreicht wird. Die bedeutendsten Tiefen so kleiner Seen (2 Seen von nur 5 resp. 2 *ha* erreichen eine Tiefe von über 30 *m*) lassen vermuten, daß sie durch Evorsion entstanden sind. Derselbe[2]) hat auch den 25 *km* südlich von Dorpat gelegenen $1^1/_2$ km^2 großen Spankauschen See sehr sorgfältig ausgelotet (größte Tiefe 11 *m*) und sich besonders mit den massenhaften Ablagerungen des Schlammes beschäftigt, der in der Mitte und in einigen Buchten eine Mächtigkeit von 9 *m* erreicht. Er besteht keineswegs ausschließlich aus organischen Bestandteilen, welche mit der Tiefe an Gehalt beständig zunehmen, sondern auch aus zahlreichen anorganischen Stoffen, die besonders durch den Wind vom Ufer in den See verfrachtet werden. Von der Mächtigkeit der Schlammablagerungen hat der Verf. eine sehr genaue Tiefenkarte entworfen, welche es ermöglicht, bei späteren Nachmessungen die Zunahme des Schlammes exakt nachweisen zu können. Neuerdings hat er auch den 17 *km* nördlich von Dorpat ge-

[1]) Sitzungsbericht der Naturf. Gesellsch. zu Jurjew. Dorpat 1908, Bd. XVII, Heft 3/4.

[2]) Ebenda, Dorpat 1907.

legenen See Saadjärw, der etwa 7 km^2 groß ist, in den Kreis seiner Untersuchungen gezogen.[1]) Seine größte Tiefe beträgt 27 m, die Schlammablagerung des Bodens erreicht eine Dicke von über 5 m, sie besteht zumeist aus abgestorbenem Plankton und ist von kaffeebrauner Farbe, nur am Südostufer finden sich stellenweise reine Mergelablagerungen, welche fast nur aus Schalen von Pisidien und Schnecken bestehen. Gleich den in der Nähe befindlichen Seen ist auch der Saadjärw von Drumlins eingefaßt, die sich parallel seinem Ufer in der Richtung NO.—SW. erstrecken. Der Abfluß des Sees — 300 l/sec — übertrifft erheblich den Niederschlag im Einzugsgebiet, so daß er jedenfalls in erster Linie durch Grundwasser gespeist wird.

In gleicher Entfernung von Dorpat, aber in entgegengesetzter Richtung, befindet sich der See von Kekrimois-Uhlfeld, der etwa 1·5 km^2 groß ist und bis 4·5 m tief wird. Die Mächtigkeit der Schlammschicht beträgt in der größeren östlichen Hälfte nahezu 7 m, in der kleineren westlichen Hälfte 6 m; sie ist stark mit Sand vermischt und besteht im übrigen aus Pflanzenresten. Wahrscheinlich ist der See vor dem Durchbruch des Embachs bei Dorpat, der viel Wasser dem Peipus zuführte, viel größer gewesen. Dieser Durchbruch soll in prähistorischer Zeit am Ende der letzten Glazialperiode erfolgt sein.

Den Obersee bei Reval, den größten See Esthlands, welcher zwar über 9 km^2 groß, aber nur etwas über 4 m tief wird, hat *G. Schneider*[2]) in mehreren Abhandlungen untersucht. Da er die Bewohner von Reval mit Trinkwasser versorgt, so hat *Schneider* das Hauptgewicht auf chemische und biologische Untersuchungen gelegt, die wir hier nicht behandeln. Die Sanddünen an seinen Ufern schreiten in östlicher Richtung fort und haben ihn seit 50 Jahren um etwa 40 m weiter östlich verlegt. Es ist sehr wahrscheinlich, daß über kurz oder lang ein gewaltsamer Durchbruch nach dem Meer zu erfolgen wird, zu großem Nachteil der Bewohner der Stadt Reval.

Die Küstenseen des Rigaer Meerbusens hat *F. Ludwig*[3]) nach ihrer chemischen Seite sorgfältig untersucht und dabei auch einige morphologische Angaben gemacht, deren Exaktheit allerdings anzuzweifeln ist. Die meisten von ihnen sind nur wenige Meter tief; der größte von ihnen ist der Angernsee, dessen Areal 40 km^2 beträgt.

Die überaus zahlreichen Seen Finnlands sind wiederholt Gegenstand eingehender geologischer Untersuchungen gewesen; die letzte Zusammenstellung hat *J. E. Rosberg*[4]) gegeben, welcher allerdings nur das eigent-

[1]) Ibid., Bd. XIX, 3/4, 1910 (russisch), Ref. von *G. Schneider* in P. M., 1912, Februarheft.

[2]) Der Obersee bei Reval. Med. af Geogr. Foreningen i Finland, 1904/06, Bd. VII. — Derselbe, Der Obersee bei Reval. Archiv für Biontologie, herausgegeben von der Gesellsch. naturf. Freunde in Berlin, Bd. II. Berlin 1908.

[3]) Die Küstenseen des Rigaer Meerbusens. Arbeiten d. Naturf. Ver. zu Riga., N. F., 11, 1908.

[4]) Fennia, Bd. 30. Atlas de Finlande. Erläuterung zur Karte Nr. 12: Le plateau lacustre finlandois. Helsingfors 1911.

liche Seenplateau bespricht, also den nördlichsten an Lappland angrenzenden Teil Finnlands, und die Küstenzone unberücksichtigt läßt. Die Zahl der Seen ist ungeheuer groß, auf einer Schulwandkarte des Landes in 1:625.000 kann man ungefähr 1250 Seen zählen, auf der Karte, die der Erläuterung *Rosberg* zugrunde gelegen hat, im Maßstab 1:400.000, sind im ganzen ungefähr 35.500 Seen gezählt worden, wobei natürlich der Begriff See nicht immer leicht festzustellen ist. Davon treffen 9600 Seen auf das eigentliche Seenplateau, welches ungefähr $^1/_3$ des ganzen Landes umfaßt und in die drei Flußsysteme Pyhäjärvi-Kokemäenjärvi, Päijänne-Kyminjoki und Saima-Vuoksi zerfällt. Im ganzen nehmen die Seen von diesem Gebiet 18·2% ein, in dem letztgenannten Bezirk steigt die Anteilnahme auf 20·8%. Über den Zusammenhang der Seenbildung mit der früheren intensiven Vergletscherung des Landes ist kein Zweifel mehr vorhanden. Als der Diluvialgletscher gegen die Schuttmasse, welche auf dem Boden der Fennoscandia etwa ein Volumen von 200.000 cm^3 aufgehäuft hatte, heranrückte, spülten seine Schmelzwässer das leichtere Material fort, während er selbst den Transport der gröberen Verwitterung übernahm. Dadurch wurden auf der einen Seite Schuttmoränen aufgestaut und Talbecken in mäßiger Weise ausgehobelt und zu flachen, sanft gewölbten Wannen umgestaltet, auf der anderen Seite aber auch viele Vertiefungen des Landes, welche andere Seen beherbergten, mit Moränenschutt vollgefüllt und die Seen selbst zum Erlöschen gebracht. Jene Wannen gingen, nachdem sie das Schmelzwasser des Gletschers in sich aufgenommen hatten, fast unmerklich ineinander über und erzeugten so die großen Seensysteme des Näsijärvi, des Päijänne, des Saima u. a., welche in erster Linie Finnland den Namen des Landes der 10.000 Seen gegeben haben. Eine charakteristische Eigentümlichkeit namentlich der größeren Seen ist ihre große Länge bei geringer Breite; der 180 *km* lange Näsijärvi hat bei einer Längenausdehnung von 180 *km* eine durchschnittliche Breite von nur 2—4 *km* und gewährt mehr den Anblick eines großen Stromtales als eines Seebeckens; auch die größte Breite des 120 *km* langen Päijänne ist nur 25 *km*, im Durchschnitt geht sie nicht über 6—7 *km* hinaus. Viele Anzeichen sind dafür vorhanden, daß die Zahl der Seen vor Beginn der historischen Zeit erheblich größer war als jetzt, auch jetzt noch macht die künstliche Beseitigung resp. Tieferlegung der Seen zu besserer landwirtschaftlicher Ausnützung des Bodens beträchtliche Fortschritte, die noch viel reißender wären, wenn nicht das Seenplateau so überaus schwach bewohnt wäre. *Rosberg* bringt auf S. 12 eine Größentabelle der Seen, welche mindestens 100 km^2 groß sind, nach planimetrischen Vermessungen von *G. Burmester*. Es sind im ganzen 47 Seen. Die Zahlenangaben stimmen aber mit solchen mit anderen Quellen nicht immer überein und sind daher wohl nur mit Vorsicht zu benutzen.

Nur in wenigen Seen sind hinreichend Lotungen gemacht worden, die Seen Pyhäjärvi, Näsijärvi, Vesijärvi, Tunlavesi, Ruovesi, Jisvesi, Vanavesi, Pielavesi u. a. sind nur insoweit ausgelotet, als die

Schiffahrt es erforderte, also nur für denjenigen Teil, der von ihr berührt wird. Der tiefste aller soll der Paanajärvi (128 *m*) sein, ihm folgt der Päijänne (93 *m*), von welchem *K. Lederholm* nach den Lotungen des finnländischen Oberzollamtes, vervollständigt durch die im Auftrage der Gesellschaft für die Geographie Finnlands ausgeführten Lotungen, deren Gesamtzahl nach einer brieflichen Mitteilung von *Lederholm* an den Ref. etwa 200.000 betragen mag, eine ausgezeichnete Tiefenkarte im Maßstab 1 : 100.000 entworfen und näher beschrieben hat.[1])

Der See besitzt ein Areal von 1111·5 km^2, ein Einzugsgebiet von 26.136 km^2 und ein Volumen von 18·3 km^3, woraus eine mittlere Tiefe von 17 *m* resultiert. Da sein Wasserspiegel, bezogen auf den Mittelwasserstand der Periode 1871/1909, 78·2 *m* über dem Meere ist, so repräsentiert er eine Kryptodepression von rund 15 *m*. Die Länge der Strandlinie ist 650 *km*, die aller Inseln zusammengenommen 800 *km*, die Uferentwicklung also 12·28, d. h. um ebensovielmal größer, als sie sein würde, wenn die Fläche des Sees kreisrund wäre. Es ist dies bei weitem der größte Betrag, den diese Zahl bei irgend einem genau bekannten See erreicht und übertrifft z. B. die Uferentwicklung des Mälaren in Schweden (7·5) ganz bedeutend. Der See zeichnet sich durch eine sehr große Zahl enger Gräben aus, von denen die größten und am tiefsten eingeschnittenen in der Richtung NW.—SO. laufen, während andere nach Nordosten, Nordnordosten oder in nordsüdlicher Richtung gehen. Der tiefste von ihnen, derjenige von Rutapohja im äußersten Norden des Sees, birgt die größte Tiefe. Diese Gräben sind wahrscheinlich durch einen Bruch der Erdkruste in eine Menge kleiner Stückchen entstanden zu einer Zeit, als die dadurch entstandenen Sprünge der Erdoberfläche nicht wieder durch die Zersetzung der Gesteine vor dem Beginn der Glazialzeit ausgefüllt werden konnten. Die weniger scharf ausgeprägten Gräben, die mehr den Rinnen oder „Lanken" unserer baltischen Seen entsprächen, dürften auch als Abflußrinnen des schmelzenden Gletschers gedeutet werden. Mit Recht macht *Lederholm* darauf aufmerksam, daß bis dahin noch keine Tiefenkarte eines Sees von größeren Dimensionen existiert hat, welcher ein ähnliches Relief wie der Päijänne besitzt und man darf all den vielen Personen und Anstalten dafür dankbar sein, daß sie eine zugleich so mühsame und wissenschaftlich so lohnende Arbeit geleistet haben.

Dem groß angelegten Werk von *Edv. Blomqvist* „Bidrag till Finlands Hydrografi"[2]) entnehme ich noch, daß der Keitele, der nach dem Päijänne der größte See im Wassersystem des Kymmeneflusses ist, eine Wasserfläche von 526 km^2, eine Niederschlagsfläche von 6221 km^2 besitzt. Die größte Tiefe (schematische Tiefenkarte bei *Blomqvist*, S. 18) beträgt 64 *m*, seine mittlere 6·3 *m*, sein Volumen 3·3 km^3. Da seine Meereshöhe

[1]) Fennia, Bd. 30. Begleitworte zu der Carte de Finlande, Nr. 13.

[2]) Hydrografiska Byrån vid Öfverstyrelsen för väg-och vattenbyggnaderna i Finland, II, Bd. I—III. Helsingfors 1911.

im Mittel 99·4 *m* ist, so ist er keine Kryptodepression. Außer den schon genannten Seen sollen noch der Kyrosjärvi, Punlavesi, Näsijärvi, Saima, Haukivesi und der Vesijärvi eine größere Maximaltiefe als 50 *m* erreichen; nämlich der Kyrosjärvi (118 km^2) 126 *m*, der Punlavesi (427 km^2) 72 *m*, der Näsijärvi (275 km^2) 59·4 *m*, der Saima (1300 km^2) 57·6 *m*, der Haukivesi (517 km^2) 50·4 *m* und der Vesijärvi (113 km^2) 50 *m*. Mehrere der genannten Seen sind sicherlich Kryptodepressionen. Über sonstige morphometrische Werte — mit Vorsicht zu gebrauchen — vgl. *Rosberg*, a. a. O. S. 15.

Von der Seenplatte des eigentlichen inneren Finnlands sind die Seen der südfinnischen Küstenlandschaft zu unterscheiden, die namentlich in ihrem westlichen Teil so überaus zahlreich auftreten. So sind z. B. auf der geologischen Karte des westlichen Nylands mindestens 220 Seen eingetragen, deren größter der 110 km^2 große Lojosee ist. Von diesem See haben *Boldt* und *Streng*[1]) auf Grund von ca. 5000 Lotungen eine Tiefenkarte in 1 : 35.000 auf 2 Blättern herausgegeben. Die größte Tiefe (58 *m*) liegt in der Osthälfte, die ein großes Zentralbecken bildet, während der Westteil, Hormavesi genannt, in eine Anzahl schmaler Buchten (siehe oben) zerfällt, deren Tiefe selten mehr als 20 *m* beträgt. Da die Meereshöhe des Sees nur 31 *m* beträgt, so ist der See eine Kryptodepression.[2]) Dr. *Hult*[3]) hat, wie es scheint mit Erfolg, den Versuch gemacht, den See als ein Verwitterungsprodukt zu erklären.

Die meisten übrigen Seen dieser Gegend sollen nur flach sein, mit Ausnahme des 273 km^2 großen Pyhäjärvi, der bei 35 *m* Meereshöhe eine Tiefe von 80 *m* erreichen soll (?). Auch der größte See im Kyrkslätt, der Hvitträsk (20·2 *m* tief), ein Stausee, ist eine Kryptodepression, da sein tiefster Punkt noch 1·2 *m* unter dem Meeresspiegel reicht.[4])

Über die Morphologie des großen lappländischen Sees Enare, der mit 1420 km^2 wohl der größte aller rein finnländischen Seen ist, gehen die Ansichten immer noch sehr auseinander. Im allgemeinen gilt er als sehr flach. Bei den bekannten simultanen Temperaturuntersuchungen, die im Jahre 1900 auf *Petterssons* Veranlassung inszeniert wurden, figurieren Temperaturmessungen in 81 *m* Tiefe: es müßten demnach solche Tiefen auch gemessen worden sein. Nach brieflichen Mitteilungen von Professor *Homén* soll Herr Forstmeister *Waenerberg* im Enare Lotungen vorgenommen haben, die bis jetzt nicht veröffentlicht sind, ihre absolute Richtigkeit

[1]) Djupkarta öfver Lojosjo östra hälften af *R. Boldt*. Geogr. Fören. Vetens Meddelanden, III, 1896, västra hölften af *A. E. Streng*, ibid., 1897, Helsingfors 1902. Id. Der Lojosee. Förh. vid. Nordiska Naturf. oct Läk. i Helsingfors.

[2]) Nach brieflicher Mitteilung von Dr. *Blomqvist* ist die mittlere Meereshöhe des Sees im Jahre 1911 31·58 *m* über dem finnischen Normalwasserstand gewesen, welcher selbst nach dem Werk „Das Präzisionsnivellement Finnlands, Helsingfors 1910" 11·5 *cm* unter dem mittleren Wasserstand des finnischen Meerbusens sich befindet.

[3]) Lojobäckenets bildning. Finska Vetens-Societen, Heft 45.

[4]) *F. O. Karstedt*, Die südfinnische Skärenküste von Wiborg bis Hango. Leipziger Inaug.-Diss. Lübeck 1906.

wird bezweifelt, wenn auch *Lederholm* nur mitteilt, daß in dem nordwestlichen Teil des Sees ziemlich große Tiefen, bis 80 *m*, vorkommen könnten.

Aus der Spezialkarte des Kilpisjärvi, der ganz im Norden des Landes unweit der schwedischen Grenze liegt, welche *N. Tanner* in 1:150.000 seiner Arbeit über die geologische Geschichte dieses Sees beigefügt hat[1]), erkennt man sehr deutlich, daß er einst in präquartärer Zeit eine viel größere Fläche als jetzt (39 km^2) und demnach auch eine größere Tiefe (jetzt 60 *m*) gehabt haben muß. In seiner jetzigen Form füllt er ein Teilstück eines alten Flußtales aus, das vielleicht zur Pliocänzeit entstanden ist. Zahlreich sind die Terrassen, welche sich an seinen Ufern befinden, die meisten in 230 *m* Höhe und den Wasserstand des vorquartären Sees angeben.

Der nordfinnische See Paanajärvi ist nach *Nordqvist*[2]) nur 89 *m* tief und keine Kryptodepression, weil seine Meereshöhe 112 *m* beträgt; nach der Zusammenstellung bei *Burmester* (siehe oben) erreicht er eine Tiefe von 126 bzw. 128 *m*. Sicheres war hierüber nicht zu erlangen.

Für die Wasserstandsverhältnisse liegen bei einer Reihe von Seen, z. B. beim Keitele und Päijänne, Beobachtungen vor, die in *Blomqvists* großem Werk eingehend behandelt wurden. Leider ist die Zeit, während welcher die Wasserstände beobachtet wurden, nicht lang genug, um sichere Rückschlüsse in bezug auf ihre Periode zu ziehen. Nach dem Durchschnitt der 14 Jahre 1895/1909 tritt der Hochstand aller dem Kymmene tributären Seen durchschnittlich Ende Mai/Anfang Juni ein, der Tiefstand Ende März/Anfang April. Es liegen also nur 2 Monate dazwischen. Die Amplitude war am stärksten bei dem Ruotsalainen, nämlich 114 *cm*, allerdings nimmt hier das Seeareal nur 0·3% des gesamten Einzugsgebietes ein; beim Vesijärvi, wo dies Verhältnis am größten, nämlich 29·6% beträgt, ist die Amplitude nur 32 *cm*, beim Päijänne (4·3%) 76 *cm*. Im Päijänne, wo die Aufzeichnungen der Wasserstände mit dem Jahre 1871 beginnen, fallen die höchsten Wasserstände auf das Jahr 1899, die niedrigsten jeweils auf die Jahre 1874/76, 1885/87, 1895/86, 1908/09, irgend welche Beziehungen zur *Brückner*schen Periode sind nirgends ersichtlich. Auch der Keitele zeigt 1899 seinen höchsten Stand, ungefähr 1 *m* höher als z. B. 1887. Im Päijänne erhob sich der Hochwasserstand im Juli 1899 etwas mehr als 2 *m* über denjenigen in demselben Monat des Jahres 1895.

Von den Riesen unter den rein europäischen Seen Rußlands, dem etwas über 18.000 km^2 großen Ladogasee = Regierungsbezirk Posen, erschien im Atlas de Finlande[3]) eine Karte in 1 : 800.000, nach welcher im nördlichen Teile Tiefen bis zu 250 *m* vorkommen, während der südliche

[1]) Bulletin de la Commission Géologique de Finlande, Nr. 20. Helsingfors 1907.

[2]) *O. Nordqvist*. Höjdmätningar och djuplodningar i norra Finland och ryska Karelen. Finsk. Vetens. Soc. Forhandl., Bd. 29. 1886.

[3]) Fennia, 30. Bull. de la Société de Géographie de Finlande. Helsingfors 1910 bis 1911.

Teil durchweg flach ist. Sein Volumen hatte ich nach der in den Denkschriften der Kais. Russ. Geogr. Gesellsch. zu St. Petersburg, 1867, Bd. I enthaltenen Tiefenkarte von 1 : 1,000.000 zu 1020 km^3 berechnet, die Rechnung nach der nun oben erwähnten Karte ergab fast genau das gleiche Resultat, nämlich 1010 km^3.[1]) Nach *W. Ramsay*[2]) stellt der See einen Einsturzgraben dar, der während der Glazialzeit durch den Kontinentalgletscher in seinem Nordteil ausgehobelt und vertieft wurde. Nach der Zeit der größten Vergletscherung bildete er zunächst einen Teil des Yoldiameers, das auch diejenigen Gegenden bedeckte, welche im Nordwesten bis zu 115 m, im Südosten bis zu 40 m unter dem heutigen Niveau des Landes liegen, also ein erheblich größeres Becken ausmachte. Zur Litorinazeit stand der See durch die Enge von Viborg mit dem Finnischen Meerbusen in Verbindung. Als aber das feste Land emporstieg, schloß sich allmählich diese Verbindung und der See fand einen Ausfluß nach Norden. Die Uferterrassen des Sees in seiner früheren Ausdehnung erheben sich aber in Norden etwa 20 m über das heutige Niveau, während sie im Süden sogar noch einige Meter unterhalb des jetzigen Seespiegels liegen, weil durch die ungleich stärkere Hebung des Landes im Norden das Wasser nach Süden sich ausdehnte und dann wieder einen neuen Abfluß in der noch jetzt existierenden Newa fand, nachdem der nördliche Abfluß wieder verschwunden war. Über die Geschichte der Aufnahme des Kaspisees hat *Schokalsky*[3]) kurz berichtet bei Gelegenheit des 1897 in St. Petersburg abgehaltenen Internationalen Geologentages. Die ersten Lotungen fanden 1660, die letzten 1860 statt, die letzte Publikation erfolgte 1877 durch den Leutnant *Pushtchin*. Auf Grund der in *Stieler*s Atlas enthaltenen Tiefenkarte des Sees habe ich sein Volumen zu 88.000 km^3, seine mittlere Tiefe zu rund 200 m berechnet; sein Umfang beträgt rund 4000 km. Es sollen im ganzen etwas über 100 Punkte mit einer Tiefe von über 1000 m gelotet worden sein.

A. S. Yermoloff[4]) hat in der südlichen Umgebung des Onegasees und von Archangelsk periodische Seen näher beschrieben, welche glazialen Ursprungs sein dürften; sie haben oberirdische Zuflüsse, wässern aber unterirdisch ab, da ihr Boden tiefe Schlünde besitzt. Das Trockenwerden der Seen geschieht nicht in jedem Jahr und nicht regelmäßig, weil die Niederschläge in jener Gegend in jeder Jahreszeit erfolgen können. *Yermoloff* nimmt als Ursache der Periodizität der Seen unterirdische Hohlräume und Flüsse an und setzt sie also auf gleiche Stufe mit dem Zirknitzer See. Auffallend ist, daß jeder See nur einen Ponor besitzt, so daß man den See perennierend machen kann, sobald man vor dem Ponorschlund

[1]) Die Angabe von *J. E. Rosberg* in der Fennia, 30, Le Plateau lacustre finlandois, S. 15 von 2070 km^3 ist völlig apokryph und falsch.

[2]) Carte bathymétrique du Golfe de Finlande et du lac Lodoga. Fennia, Bd. 30.

[3]) cf. G. Z., Vol. 29, pag. 632 ff. Die geschichtliche Entwicklung seiner Kenntnis gibt *A. Falk*, „Om utvecklingen" af kännedomen om Kapiska hafvet. Ymer, Bd. 25, 1905.

[4]) Spelunca, VII, Nr. 49, Referat in P. M., 1909.

einen Staudamm errichtet. Jedenfalls spielt bei der Periodizität dieser Becken die Überlagerung mit undurchlässigem Quartär um so mehr eine erhebliche Rolle, als dieselbe durch das Grundwasser einmal durchbrochen wurde; eine nochmalige Untersuchung dieser interessanten Seengruppe erscheint dringend nötig.

Lebedeff[1]) hat das Seenplateau östlich vom Uralgebirge in der Nähe der bekannten Eisenbahnstation Tscheljabinsk, des ursprünglichen Ausgangspunktes der sibirischen Eisenbahn, näher untersucht. Bei der großen Zahl der vorhandenen Seen hat sich Verfasser auf einen beschränkten Komplex (13 Seen) beschränkt, welche zum größeren Teil einen Abfluß besitzen. Die beiden größten unter ihnen sind Uweldy (69 km^2) und Irtiasch (68 km^2), welche eine Tiefe von 28 bzw. 16·5 m erreichen; alle übrigen sind erheblich kleiner und seichter. In bezug auf den Ursprung dieser Seen pflichtet er im ganzen *P. Krotow*[2]) bei, daß sie tektonische Seen seien in einer meridional verlaufenden Depression. Die Richtung ihrer Hauptachsen, ebenso die Regionen der maximalen Tiefen laufen der Lokationslinie parallel. *Karpinsky*[3]) hatte sie im wesentlichen als Karstseen angesprochen, welchen Charakter nach *Lebedeff* wohl nur Berdenisch und Uruskul tragen.

Über Seen im Innern Rußlands, namentlich im Gebiet der Wolga, ist eine große Zahl von Arbeiten erschienen, meist in der von *Anutchin* herausgegebenen Zeitschrift Semlevedenie (Erdkunde). Da dieselben aber sämtlich in russischer Sprache erschienen sind und der Herausgeber trotz wiederholter Aufforderung durch den Referenten sich nicht entschließen konnte, wenigstens die hauptsächlichsten Resultate in einer westeuropäischen Sprache zu veröffentlichen, so müssen die Ergebnisse dieser fleißigen und gewiß interessanten Untersuchungen hier unberücksichtigt bleiben, sofern nicht ab und zu durch einen L. b. in P. M. oder sonstwo ein Resümee gegeben wurde. Die Seml. bringt im Jahrg. 1904, H. 1/2 eine Tiefenkarte des Lukomljasees im Gouvernement Mohilew im Maßstab 1:84.000; er ist 50 km^2 groß, wird 10 m im Maximum, 6 m im Mittel tief; von den Seen im Witebsker Kreis ist der tiefste 22 m tief.

Kolmagorow[4]) besuchte 56 und erforschte 29 Seen des Kreises Tichwin, welche sämtlich Reste der Eiszeit sind und alle Typen der Moränenlandschaft vertreten. Im Königreich Polen sind das größte Süßwasserbecken die Wigorschen Seen im Gouvernement Suwalki, mit denen sich *K. Kuljwez* (Seml., 1904, Heft 3) beschäftigt hat, namentlich was ihre Fauna und Flora angeht. Sie umfassen zusammen ca. 25 km^2 (Referat im Globus).

Über die Entstehung eines Hauptteiles der mittelrussischen Seen, nämlich der „Oberwolgaseen", berichtet *Gravelius*[4]) im Anschluß an die

[1]) Bericht über eine Expedition zur Erforschung der transuralischen Seen im Sommer 1907. Mitt. d. Kais. Russ. Geogr. Gesellsch., Bd. 45, 1909 (russisch); Referat in P. M., 1908, H. 7.

[2]) Ibid., Bd. 34, St. Petersburg 1905.

[3]) In dem Bericht über den 1897 in St. Petersburg abgehaltenen Internationalen Geologentag.

[4]) Seml. 1907. S. 1—35. Ref. von *Woeikow* in P. M.

Arbeiten von *Nikitin*, *Anutchin* und *Sbroshek*, welche sämtlich russisch sind, folgendes. Eine Waldaihöhe im Sinne einer domförmigen Aufwölbung im Quellgebiet der Wolga existiert nicht, vielmehr eine Peneplain der karbonischen Oberfläche, über welcher sich das nordische Finnlandeis hinwegschob, wobei es jedoch einige Grundzüge des alten Reliefs des *Alaun*schen Systems nicht gänzlich verwischte. In den so entstandenen Hohlräumen liegt die größte Zahl der Oberwolgaseen. Sie lassen sich in drei Gruppen scheiden. Die erste umfaßt den großen Sseliger See mit seinen vielen „Plesso" genannten flußseeartigen Zwischengliedern und den in unmittelbarer Verbindung mit ihm stehenden Seen. Die zweite Gruppe wird von einer Anzahl Seen gebildet, die durch Wasseradern mit dem Sseliger verbunden sind und die dritte Gruppe umfaßt diejenigen Seen, welche die Quellwolga selber durchfließt. Über die Tiefen- und sonstigen morphologischen Verhältnisse habe ich bereits nach *Anutchin* in meiner „Morphometrie der europäischen Seen" berichtet. Eine Fortsetzung der Ergebnisse der Seenforschung in Mittelrußland, welche *Graelius* angekündigt hatte, scheint leider nicht erfolgt zu sein.

Die Bodenverhältnisse eines dieser Seen, des 7·2 km^2 großen Bologojesees, im Waldaischen Kreise des Nowgorodschen Gouvernement, hat *K. Hülsen*[1]) untersucht und in dankenswerter Weise ein kurzes Referat in deutscher Sprache gegeben. Danach besteht die oberste Schicht des Seegrundes aus Schlick von schokoladebrauner Farbe, der reich an Fe_2O_3, aber sehr arm an CaO ist; der unter diesem Schlamm gelegene Tiefschlamm ist etwas heller gefärbt, unterscheidet sich mechanisch nur wenig von ihm, ist aber erheblich reicher an organischen Stoffen. Die mittlere Schlammschicht des Sees ist ungefähr 6 *m* mächtig, unter ihr liegt grünblauer Lehm. Von den Seen des Kreises Tichwin, gleichfalls Gouvernement Nowgorod, die *Kolmagorow* (Semlewedenie, 1907, russisch, Ref. in P. M.) untersucht hat, ist der Nurmo der tiefste (29 *m*).

W. Leonow[2]) hat einen Teil der zahlreichen kleinen vielfach verzweigten Seen im nördlichen Teil des Gouvernement Rjäsan, welche sämtlich nach der Oka entwässern, hydrographisch untersucht und ist zu dem merkwürdigen Resultat gelangt, daß sie vulkanischen Ursprungs aus der Glazialzeit sind.

Zwar zeigen die größeren Seen Swajtoje und Welikoje, welche den Charakter ausgedehnter Sümpfe angenommen haben und bei einem Areal von 14 bzw. 51 km^2 nur wenig mehr als 1 *m* tief sind, nur geringe Spuren davon, aber die beiden kleineren Seen Gluchoje (22·5 *ha*) und Bjeloje (30·4 *ha*), die aber eine Tiefe von 34·5 bzw. 52·5 *m* erreichen, sollen nach dem Verfasser das Gepräge von Kraterseen tragen. Auffallend ist, daß der Boden beider Seen keineswegs ein einheitliches Becken bildet.

[1]) Untersuchungen der Grundproben des Bologojesees. Berichte der Livl. Süßwasserstation d. Kais. Naturf. Gesellsch. zu St. Petersburg, Bd. III, 1911.

[2]) Die Seen des Beckens der Pra, Polja, Jalma im Gouvernement Rjäsan. Seml. 1899, 3, russisch, Ref. von *Immanuel* in P. M.

daß vielmehr im Glukoje zwei verschiedene Wannen und im Bjeloje eine rundliche Einsenkung in seiner nordöstlichen Ecke existiert. Ich möchte zunächst den vulkanischen Charakter beider Seen stark bezweifeln und annehmen, daß wir es hier mit Evorsionsseen zu tun haben.

2. Schweden.

Die neueren Arbeiten über die Seen Schwedens heben mit den Forschungen von *Karl Ahlenius*[1]) in der Seenkettenregion von Schwedisch-Lappland an, deren morphometrischen Ergebnisse ich bereits in meiner „Morphometrie der europäischen Seen" verwertet habe. Leider liegen nur von wenigen dieser Seen auch nur einigermaßen genügende Tiefenkarten vor: die der Arbeit beiliegenden Karten in 1 : 200.000 sind eigentlich mehr Kartenskizzen als Tiefenkarten zu nennen. Der größte von ihnen, der 282 km^2 große Hornafvan, ist mit 221 m zugleich der tiefste See Schwedens; Tiefen über 100 m kommen noch vor im Wojmsee (145 m), im Storumann (135 m) und im Malgomajsee (117 m). Wahrscheinlich sind diese Seen als ein Rest gewaltiger präglazialer Flußtäler oder Flußrinnen zu betrachten, die durch Erosionen entstanden sind, aber durch den Rest des Inlandeises ihre Tiefe und Form bewahrt haben und dann durch mächtige spät- und postglaziale Ablagerungen abgedämmt worden sind. Die Grenze zwischen den westlich gelegenen tieferen Becken und dem östlichen flacheren, etwa unter 25 m Tiefe, wird auf dem Lande teils durch das Auftreten von langgestreckten Äsbildungen, teils durch das Vorkommen von mächtigen Geröllmassen und Moränenablagerungen markiert. Der Hornafvan, wie schon gesagt, der größte und tiefste von ihnen, besteht aus 2 durchaus verschiedenen Teilen, einem oberen Seebecken bis zur Tiefe zu 221 m, und einem unteren inselreichen Teil, welcher durch eine langgestreckte Äsbildung charakterisiert wird und nur eine Tiefe bis zu 25 m erreicht. Sein Plafond besitzt auf eine Entfernung bis zu 5 km die gleiche Tiefe.

Derselbe Forscher, der leider so früh der Wissenschaft entrissen wurde, hat später auch über den Siljansee, den Mittelpunkt der Landschaft Dalarne, Untersuchungen angestellt.[2]) Er hat seiner Arbeit auch eine Tiefenkarte dieses Sees und des nördlich an ihn grenzenden Orsasees nach Lotungen von *Landberg* und *Wahlberg* in den Jahren 1887/90, die zuerst in der Svensk Fiskeritidskrift veröffentlicht waren, publiziert, leider in dem sehr großen Maßstab 1 : 200.000. Danach beträgt sein Areal 320 km^2, wovon die Inseln 20 km^2 einnehmen; in der Mitte befindet sich eine steil abfallende Rinne bis zu 120 m Tiefe, während der größte Teil des Sees so flach ist, daß seine mittlere Tiefe nur 27 m, d. i. $^1/_5$ der Maximaltiefe, beträgt. Auch die mittlere Böschung ist nur klein (1·8). Ähnlich liegen die Verhältnisse bei dem Orsasee, der 58 km^2 groß ist.

[1]) Beiträge zur Kenntnis der Seenkettenregion in Schwedisch-Lappland. Bull. Geol. Inst. of Upsala, Nr. 2, Vol. V, Part. 1, 1900.

[2]) Bidrag till Siljanbäckenats geografi. Ymer, 1905, Bd. 25.

eine größte Tiefe von 97 *m*, eine mittlere Tiefe von 21 *m* besitzt und gleichfalls nur eine schwache mittlere Böschung hat (1·3°). *Ahlenius* faßt diesen Graben als ein Stück eines präglazialen Flußerosionstales auf, während *Steu de Geer*[1]) ihn als die tiefsten Stellen einer ringförmigen Grabenversenkung von Paläozoikum bezeichnet, zu welchem wahrscheinlich noch die Seen Skattungen und Oresjön im Nordosten des Orsasees gehören.[2]) Soviel steht fest, daß die beiden zuerst genannten Seen geologisch wie morphologisch ein gemeinsames Becken bilden, das bei Mora erst durch das von Westen anwachsende Delta des Osterdalälvs voneinander getrennt wurde. Man sieht dies auch sehr gut in der in 1 : 50.000 gezeichneten Karte des dem Delta zunächst liegenden Teils beider Seen, die der Arbeit von *de Geer* beiliegt. Der Osterdalälv mündet jetzt in südlicher Richtung in den Siljansee, während er wahrscheinlich bis zum Jahre 1659 in den Orsasee floß. Nach meiner persönlichen Kenntnis möchte ich der Ansicht *de Geers* beipflichten, da so prägnante und einheitliche Flußerosionen in Seen ähnlicher Art mir sonst nicht bekannt sind. Eine genaue Auslotung aller 4 in Betracht kommenden Seen wird geplant und jedenfalls zur Klärung dieser Fragen wesentlich beitragen.

Bedeutend später hat der schwedische Geologe *O. Sjögren*[3]) eine größere Arbeit über den in Schwedisch-Lappland gelegenen See Torneträsk veröffentlicht und die hauptsächlichsten Ergebnisse in Nr. 7 der Geologischen Führer zu den Exkursionen des Stockholmer internationalen Geologenkongresses unter dem Titel „Der Torneträsk, Morphologie und Glazialgeologie" kurz zusammengefaßt. Der See, an dessen Südufer sich die bekannte Ofotenbahn Gellivare—Narvik hinzieht, besteht aus 3 größeren und einigen kleineren Becken, die durch Schwellen voneinander getrennt sind und sowohl in ihrer Gesamtheit wie im einzelnen durch glaziale Erosionen in einem präglazialen Flußtal entstanden sind. Von Verwerfungen und glazialen Abdämmungen, welche bei den Seen weiter südlich in Frage kommen, findet man keine Spur; sogar die Schwellen zwischen den Talbecken bestehen ganz überwiegend aus festem Gestein. Auf Grund der von *Sjögren* mitgeteilten Tiefenkarte in 1 : 100.000 habe ich das Volumen des 350 km^2 großen und bis 164 *m* tiefen Sees auf 16·8 km^3 berechnet, das ist etwas mehr als das des Neuenburgersees in der Schweiz, aber erheblich weniger als das des Hornafvan. Von den übrigen Felswannen in der Nähe des Torneträsk hat *Sjögren* den Sildviksvattnet ausgelotet, der nach unten zu durch eine quer über die Talsohle sich erstreckende reingespülte Felsbarriere abgegrenzt wird. Obwohl dieser schmale See nur 1·5 km^2 groß ist, erreicht er doch eine Tiefe von 87 *m* und steht an mittlerer Tiefe seinem größeren Bruder nur wenig nach.

[1]) Führer der morphologischen Exkursion in Mittelschweden. Nr. 36 der geol. Führer bei dem intern. Geologentag in Stockholm 1910.

[2]) *J. G. Andersson,* Geol. För. Förh. Stockholm 1908.

[3]) Geogr. och glacialgeol. Studies vid Torneträsk. Sveriges Geologiska Undersökning, Nr. 219; Årsbok, 3, 1909, Nr. 2.

John Frödin[1]) hat einige Seen im südlichen Dalekarlien untersucht und von mehreren von ihnen Tiefenkarten in 1 : 75.000 publiziert: der größte von ihnen ist der Vessmann (40·2 km^2), der eine Maximaltiefe von 57, eine mittlere Tiefe von 14 m besitzt, während die übrigen kleiner und flacher sind.

Eine Anzahl in der Nähe der Küste befindlicher Seen in den Provinzen Göteborg, Småland und Södermanland, welche Kryptodepressionen sind, hat *Stolpe*[2]) ausgelotet, ohne leider irgend welche andere Mitteilungen über ihre Größe und wahrscheinliche Entstehung mitzuteilen; der tiefste von ihnen ist der Storsjö (45·5 m).

Von den 3 großen Seen des südlichen Schwedens habe ich nach den amtlichen Seekarten der schwedischen Marine die hauptsächlichsten morphometrischen Werte in meiner „Morphometrie der europäischen Seen" mitgeteilt. Der Wettern see, der auf beiden Seiten von Verwerfungen begrenzt wird, also wahrscheinlich eine echte Grabenversenkung bildet, erreicht seine größte Tiefe (120 m) in einer schmalen Rinne, die am Ostufer entlang von der Südspitze aus noch etwas nördlich vom Omberg reicht, wo südlich von Grenna die Uferberge steil in einer relativen Höhe von 237 m in den See abstürzen.

Durch eine ausgezeichnete Arbeit von *Axel Wallén*[3]), dem Vorstand des neugegründeten schwedischen hydrographischen Amtes, sind wir über die Wasserstandsschwankungen des Wenersees in dem Jahrhundert 1807 bis 1907 sehr gut orientiert. Diese Schwankungen sind bei der Größe des Sees (= 10mal Bodensee) und dessen Einzugsgebietes (= Flußgebiet der Weser) sehr kompliziert und erregten schon frühzeitig das Interesse des schwedischen Geographen, aber erst im Jahre 1807 begannen die systematischen Aufzeichnungen, welche anfangs in Wenersborg, seit 1810 in Sjötorp, am Ausgang des Götakanals, gemacht worden. *Wallén* unterscheidet nicht weniger als 5 verschiedene Perioden der Schwankungen: eine jährliche mit einer mittleren Amplitude von 37 cm, eine solche von ungefähr 33 Monaten von 36 cm, eine von 11 Jahren von 90 cm, eine von noch mehr Jahren, deren Dauer nicht zu bestimmen ist und eine von noch längerer Dauer, die etwa einer säkularen Schwankung entspricht. Die Schwankungen von 11 Jahren, welche, wie man sieht, am kräftigsten hervortreten, stehen im genauesten Zusammenhang mit der Periode der Änderungen der Sonnenflecken und werden von *Wallén* als die eigentliche Periode der Schwankungen des Sees bezeichnet, mittelst welchen es ihm gelungen ist, seine Wasserstandsschwankungen wenigstens für ein Jahr im voraus zu berechnen. Ob die Periode von längerer Dauer mit der *Brückner*schen von 35 Jahren übereinstimmt, erscheint sehr zweifelhaft. Es liegen nämlich

[1]) Nägro bidrag till södra Dalarnas fysika geografi. Ymer, 1910.

[2]) Les cryptodépressions de l'Europe septentrionale. La Géographie. Bd. 30.

[3]) Vänerns vattenstands variationer. Medd. från Hydrografiska Byrån, 1. Stockholm 1910; idem: Vänerns vattenstånd, dess perioder och dess Reglering. Ymer, 1910. Heft 4.

zwischen den Maxima längere Schwankungen (1828, 1865, 1906), 37 bzw. 41 Jahre, zwischen den Minima (1810, 1859, 1900) 49 bzw. 31 Jahre. Das Mittel aus diesen Zahlen ergibt etwa 40 Jahre, man darf aber wohl behaupten, daß die Zeit der Beobachtungen noch zu kurz ist, um sich definitiv für oder gegen die Existenz einer *Brückner*schen Periode im Wenersee zu entscheiden. In den 100 Jahren der Beobachtung betrug die Differenz zwischen dem höchsten und niedrigsten Wasserstand nur 2·55 *m*, und selbst wenn man das 18. Jahrhundert zu Hilfe nimmt, so gelangt man nach glaubhaften Angaben nur zu einer Differenz von rund 3 *m*. Vergleicht man damit die Differenz der Wasserstände im Lago Maggiore, welche in den 30 Jahren, 1867—1897, 7 *m* betrug, so erkennt man den gewaltigen Einfluß, den die Retention des Sees auf seinen Abfluß ausübt. Sein Retentionsvermögen tritt auch aus den Kurven der Regenhöhen in seinem Gebiete und den Seespiegelhöhen sehr deutlich hervor. Die 11jährige Periode der Wasserstände folgt durchweg mit einigen Monaten Verspätung der gleichen Periode der Niederschläge, deren Amplitude etwa 12 *cm* beträgt, während bei den anderen Perioden das Abhängigkeitsverhältnis beider Größen weniger deutlich ist. Der Jahreshochstand erfolgt gewöhnlich im Juni oder Juli, der Tiefstand im März.

Nach *Rosén*s Wasserstandsbeobachtungen ist der Mittelwasserstand des Mälaren von 1774—1895 ununterbrochen gesunken, und zwar im ganzen 36 *cm*, um ebensoviel im Saltsjön. Dieser Umstand läßt aber nicht ohne weiteres auf Niveauveränderungen schließen, sondern kann vielmehr durch Aufschüttungen im Waxolmsund erklärt werden; darauf deuten auch die allmählichen Minderungen des Hochwasserstandes hin, welche in gleichem Zeitraum im Mälaren etwa 160 *cm* betragen haben.

Über den in der Landschaft Schonen gelegenen Odensjö, dessen runde Form und große Tiefe ihm den Ruhm eines Kratersees verschafft hatte, eine Annahme, welcher auch *R. Kjellen* [1]) beigepflichtet hatte, äußert sich *R. Hennig* [2]), welcher eine Detailuntersuchung mit Lotungen und Bohrungen vorgenommen hat, daß der See nicht rund, sondern elliptisch (175 : 126 *m*) sei, und auch diese rundliche Form nur einem Torfmoor an seinen Ufern verdanke, welches ein Teil des alten Seebeckens einnimmt. Dieses Moor liegt auf einer Moräne, welche 80 *m* unterhalb des Sees zutage tritt, wo das Tal zu 10 *m* verengt ist. Der See zeigt eine zentrale Rinne, und seine größte Tiefe (20 *m*) liegt seinem oberen Ende näher. *Kjellen* [3]) meint dagegen, *Hennig* habe nicht erklärt, warum der obere Teil des Tales, das Seebecken, den unterhalb folgenden an Tiefe und Breite so erheblich zurücklasse. *Sieger* stellt sich in seinem Referat über beide Abhandlungen (in P. M.) mehr auf Seite *Hennig*s und ist nur zweifelhaft, ob die Einengung des Tales unterhalb des Sees durch die Moräne bewirkt

[1]) Bidrag till Sveriges endogena geografi. Geol. Fören. Förh., Bd. XXIV, Heft 4, Nr. 214. Stockholm 1902.

[2]) Studier et ofver Skånes ytskulptur. Ibid., Nr. 217. Stockholm 1903.

[3]) Kittelkrater eller dödt fall? Ibid., Nr. 221. Stockholm 1903.

wurde oder durch ein Zusammentreten der Felswände, er plädiert für erneute Lotungen und Ausführung eines Nivellement. Mir scheint der Umstand, daß die größte Tiefe des Sees an seinem oberen Teil gefunden wurde, dafür zu sprechen, daß der See durch eine Moräne abgedämmt wurde; am Feldsee im Schwarzwald, dessen Entstehung als Moränenstausee nicht bezweifelt werden kann, habe ich die gleiche Beobachtung gemacht.

3. Norwegen.

Von dem größten norwegischen See, dem Mjösen, ist auf Grund von über 2000 Lotungen eine Tiefenkarte in 1 : 100.000 erschienen[1]), auf welcher ich sein Volumen auf rund 69 km^3, seine mittlere Tiefe auf 192 m berechnete, also größer als die irgend eines Sees der Alpen. Über seine Maximaltiefe gehen die Angaben auseinander. *Helland*[2]) gibt 452 m an, während *Saetren*, der frühere Kanaldirektor und oberster staatlicher Baubeamter Norwegens, in seinem Buche „Beskrivelse af Glommen", Christiania 1904, nur 443 m angibt, eine Zahl, die er auch in dem Buche „Beskrivelse af Skiens Vasdrag, 1908" wiederholt. Ist diese Angabe richtig, dann ist nicht der Mjösen, sondern der Tinnsjö mit 445 m Maximaltiefe der zweittiefste Norwegens, während bekanntlich die erste Stelle dem Hornindalsvand gebührt, welcher nach *Helland* (siehe dort) mit 486 m Maximaltiefe zugleich der tiefste See Europas ist, soweit unsere bisherigen Kenntnisse reichen. Bei dieser Gelegenheit mag hervorgehoben werden, daß unsere Kenntnisse über die Morphologie der großen norwegischen Seen noch immer sehr mangelhaft sind. *Helland* gibt z. B. vom Hornindalsvand nur 13 Lotungen an, eine bei einem See von der Größe des Starnbergersees gewiß lächerlich geringe Zahl. *Huitfeld-Kaas*[3]) gibt von einer ganzen Reihe von Seen Maximaltiefen an, sie sind aber wohl sämtlich nur als provisorische anzusehen, der Mjösen figuriert in der Liste mit 446 m. In der Liste über die größten Seen Norwegens, die *Holmsen*[4]) zusammengestellt hat, figuriert der Bandakvatn mit 211 m, während *Saetren* (nach *Dubislav*) seine Tiefe mit 289 m angibt. Zu den weniger genauer ausgeloteten Seen gehören auch die nahe der schwedischen Reichsgrenze am Westfluß des Lulitelma gelegenen Seen Nedrevand, Ovrevand und Langvand. Die Messungen, welche *Schütz* und *Jörgensen* im Auftrage einer schwedischen Minengesellschaft in diesen am inneren Ende des Saltenfjords ausgeführt hatten, hat zuerst *O. Nordenskjöld* veröffentlicht[5]) und später

[1]) Dybdekart over Mjösen udfert vor de praktisk-vetensk. Undersög vedk Ferskvandsfiskerierne ved Ing. Dahls Opmaalingskontor, Christiania 1906.

[2]) Om Beliggenheden af Moraenen og Terasser fovan mange Indsjöer, Öfversigt af K. Vetens. Akad. Förh., 1875, Nr. 1, Stockholm.

[3]) Nach freundlicher brieflicher Mitteilung vom Regierungsrat *Dubislav* in Münster, welcher ein Buch „Neuere Wasserkraftanlagen in Norwegen", München 1909, geschrieben hat.

[4]) „Planktonundersogelser i Norske Vande, Christiania 1906.

[5]) Om sjoarne Ovre Vand och Nedre Vand mellan Saltenfjorden och Sulitelma, Geol. Fören. Förh., XVII, Stockholm 1895.

durch eine Reihe eigener Messungen vervollständigt [1]), welche er zur Konstruktion von Tiefenkarten benutzte, von denen leider nur diejenigen des Langvand in einem ausreichenden Maßstab gezeichnet sind; für die beiden anderen Seen war wohl auch die Zahl der Lotungen nicht ausreichend.

Von den beiden Wällen, welchen die beiden zuerst genannten Seen ihr Dasein verdanken, besteht der westliche aus 2 Felseninseln, welche untereinander und mit dem Festland durch Endmoränenwälle miteinander verbunden sind, während der östliche Wall aus einem einfachen Bogen zwischen hohen Felswänden besteht, den man nicht ohne weiteres als eine eigentliche Endmoräne bezeichnen kann, wenn er auch vor der Eiswand, vielleicht unterseeisch, gebildet ist.

Nordenskjöld schiebt die Hauptsache der Entstehung beider Seen einer starken Eiserosion zu. Der Ovrevand erreicht in seinem hinteren breiten Ende die bedeutende Tiefe von 327 *m* bei einer Meereshöhe von 1·2—3·5 *m* über der tiefsten Ebbe je nach den Jahreszeiten, aber auch durch seinen vorderen schmäleren Teil zieht sich eine tiefe Rinne, die teilweise bis 300 *m* tief wird. Im Nedrevand erreicht das Hauptbecken nirgends 20 *m* Tiefe, obwohl namentlich seine südliche Wand sehr steil ist. in der Nordwestbucht nahe dem nördlichsten Moränenbogen reicht die Tiefe bis 26 *m*, in der Südwestbucht wurde leider nicht gelotet. Vom Langvand konnte *Nordenskjöld* über 1000 Lotungen benutzen, welche zeigen, daß er aus 3 oder 4 getrennten Becken besteht, welche durch ziemlich steil emporragende Rücken voneinander getrennt sind; in dem westlichen Teile des Sees, der überall flach zu sein scheint, konnten bis jetzt nur wenige Lotungen gemacht werden. Zu bemerken ist, daß dieselben im Winter auf dem Eis gemacht wurden. *Nordenskjöld* nimmt an, daß er durch Erosionen strömender Gletscher an einer Stelle gebildet wurde, wo sich zwei bedeutende Gletscher vereinigt und wo die Erosion durch starke und tiefgehende Zerklüftung erleichtert wurde. Auch die das Becken zerteilenden Rücken sind, falls sie aus anstehendem Fels bestehen, was bisher nicht ermittelt werden konnte, nach *Nordenskjöld* auf gleiche Weise entstanden.

4. Island.

Die zahlreichen Seen Islands sind zum größeren Teile noch nicht näher erforscht; trotz mancher Lotungen in einzelnen Seen (siehe unten) existiert in Wahrheit nur von dem größten unter ihnen, dem Thingvallavatn, eine einigermaßen brauchbare Tiefenkarte in 1 : 120.000, die wir *Saemundsson* [2]) verdanken. Seine größte Tiefe beträgt 110 *m*; da seine Meereshöhe 106 *m* ist, so bildet er eine schwach ausgeprägte Krypto-

[1]) Topographisch-geologische Studien in Fjordgebieten. Geol. Inst. Univ. Upsala. Vol. IV. Upsala 1900.

[2]) Thingvallasöen. Geogr. Tidskrift, Bd. XVII, 1903/04, Kopenhagen 1904, S. 175 ff.

depression von 4 *m*. Sein Becken bildet insofern eine Kombination von Lava- und Glazialsee, als es während der Eiszeit von einem Gletscher erfüllt war, der seinen südlichen Teil vertieft hat und in vorgeschichtlicher Zeit mächtige Lavaströme seinen nördlichen Teil ausgefüllt haben. Diese Lavaströme haben sich später auf denselben Bruchlinien gesenkt, die ursprünglich den See verursacht haben. Verschiedene Erdbeben in der Nähe des Sees beweisen, daß die tektonischen Bewegungen des Erdbebens in dieser Gegend noch immer nicht ihr Ende erreicht haben. Der Boden des Sees besteht in den großen Tiefen überwiegend aus tiefschwarzem Schlamm organischer Herkunft: seine Speisung geschieht wahrscheinlich überwiegend durch unterirdische Quellen.[1]) Die gleiche Maximaltiefe wie der Thingvallavatn soll nach *Helland*[2]) der Lagarfljot erreichen, ein langgestreckter typischer Talsee im Ostland, der nur 26 *m* Meereshöhe besitzt, also eine erhebliche Kryptodepression darstellt; sein oberstes Ende ist jetzt durch Ablagerungen des Flusses ausgefüllt. Ein anderer typischer Talsee, deren Zahl in Island nur eine geringe ist, ist der Skorradalsvatn im Westlande[3]), der bei einem Areal von etwa 25 km^2 38 *m* tief wird, früher aber gleichfalls bedeutend länger gewesen ist.

Moränenseen sind im ganzen Lande häufig und meist seicht: der größte von ihnen, der Arnarvatn (25 km^2), ist nur 2 *m* tief. Eigentliche Karseen sind ziemlich selten; *Thoroddsen* erwähnt als größte den Nikratjörn und den Hraunsvatn (60 *m* tief?), welche 12 resp. 13 *ha* groß und von 300 *m* hohen Felswänden umgeben sind, ihre Tiefe steht nicht sicher fest. Noch höhere Ufer besitzt der Hvalvatn, der nur 3 km^2 groß, aber über 100 *m* tief sein soll (?). Viele Seen Islands verdanken ihre Entstehung vulkanischen Kräften, der größte von ihnen soll der Snjoöldu-vatn (6 km^2) sein, der durch Verschmelzung vieler Krater gebildet worden ist, auch Maare finden sich hie und da in den vulkanischen Gegenden, der bekannteste ist der Viti, nordöstlich vom Myvatn, der bei einem plötzlichen Ausbruch am 17. Mai 1724 entstand. Der Myvatn[4]) selbst, zu deutsch Mückensee, gehört zu den am frühesten bekannten Seen Islands, er ist 27 km^2 groß, wird aber nur bis 5 *m* tief und ist als Stausee aufzufassen, der durch enorme Lavaströme aufgedämmt und teilweise zwischen Lavaspalten eingesenkt ist. Sein Boden besteht fast nur aus Lava und auf seiner Ostseite begegnen wir zahlreichen Solfataren. Mehrere Krater ragen als Insel aus seiner Wasserfläche empor. Auch an Lagunenseen ist Island reich, namentlich an seiner Nordküste. Von diesen Seen

[1]) Ostenfeld und Wesenberg-Land, A regular fortnightly exploration of the plankton of the two Icelandic Lakes, Thingvallavatn and Myvatn. Proc. Roy. Soc. Edinburgh, Vol. XXV, Part. LII. Edinburgh, 1906, S. 1104.

[2]) Geogr. Tidskrift, VI, 1882, S. 109.

[3]) Siehe *Thoroddsen*, Island. Grundriß der Geographie und Geologie, Bd. I, Ergänzungsheft 152 zu P. M., 1905, S. 35 ff.

[4]) Eine Kartenskizze des Sees samt seinen Inseln soll sich bei *Th. Kräper* finden, Zeitschr. Naumannia, 1857, H. 2, S. 33-42.

scheint der tiefste Miklavatn zu sein (26 *m*), der von einer Süßwasserschicht bedeckt ist, während weiter unterhalb, wie bei den anderen Küstenseen, das Wasser salzig ist. Der größte Strandsee ist das Hóp (40 *km*²), der aber nur eine Tiefe bis zu 5 *m* erreichen soll. Für Seenforscher bietet Island noch auf lange Zeit hinaus ein lohnendes Gebiet.

5. Dänemark.

Die Seen des eigentlichen Dänemarks sind zwar biologisch durch die ausgezeichneten Untersuchungen von Dr. *Wesenberg* [1]) sehr gut bekannt, im übrigen aber ermangeln die meisten von ihnen monographischer Bearbeitungen. So existiert von Furesö bei Kopenhagen, wo sich *Wesenbergs* biologische Station befindet, nur eine sehr oberflächliche Kartenskizze in 1 : 36.000 in der Publikation desselben Autors; genauere Karten finden sich in demselben Werke vom Esromsö in 1 : 50.000 und vom Sorösö in 1 : 15.000, während vom Tjustrupsö *Feddersen* schon seit längerer Zeit eine gute Tiefenkarte in 1 : 20.000 herausgegeben hatte. [2]) Während die Seen Seelands wahrscheinlich Grundmoränenseen sind, rechnet *Fritz Machaček* die Seenreihe des Gudenaa zwischen Skanderborg und Silkeborg zu den Rinnenseen, welche inmitten einer vielfach zerschnittenen und aufgelösten fluvioglazialen Terrassenlandschaft durch lokalverstärkte Erosionen entstanden sind. Der Haldsö, südwestlich von Viborg, ist wahrscheinlich durch die ihn im Südwesten vorgelagerte Endmoräne des Ravnsbjerg, die sich 55 *m* über seinem Spiegel erhebt, angestaut worden. Auch sein Ostufer erhebt sich ca. 50 *m* über den See, der als der tiefste See des Königreiches gilt (40 *m*?). Zahlreiche dänische Seen sind bei der geringen absoluten Höhe des Landes Kryptodepressionen, leider verschwinden jährlich mehr und mehr von ihnen infolge künstlicher Verlandungen.

6. Großbritannien und Irland.

Über den Stand der Seenforschung in Schottland habe ich in den letzten Jahren [3]) mehrfach berichtet, so daß ich mich hier kurz fassen und im übrigen auf diese Übersichten verweisen kann. Die schottische Lake Survey unter der Oberleitung von Sir *John Murray* und *L. Pullar* und der Mithilfe eines auserlesenen Stabes von technischen und wissenschaftlichen Mitarbeitern hat in 6jähriger Arbeit 562 Seen Schottlands, einschließlich der Inselgruppen der Hebriden, Shetland- und Orkney-Inseln, ausgelotet und ihre Reliefverhältnisse auf Grund von 54.025 Lotungen in genauen Tiefenkarten dargestellt, die teils in dem Londoner Geographical Journal, teils in dem Edinburger Scott Geograph. Magazine, zum größten Teil aber in den beiden Journalen veröffentlicht sind, teils endlich in einem besonderen

[1]) Studier over de danske Söers plankton. Bd. I. Kopenhagen 1904.

[2]) Geogr. Tidskrift, Bd. 12. Kopenhagen 1894.

[3]) Referate in P. M. sowie im Globus; zusammenhängende Besprechungen im Globus, Bd. 95, Nr. 22 (1909) und in den Beiträgen zur Geophysik, Bd. X, 4 (1910).

Werk „Bathymetrical Survey of the Fresh-Water lochs of Scotland", London 1908. Die Karten dieses Buches unterscheiden sich von den vorhin genannten dadurch, daß sie nur die Seen selbst, nicht aber auch das umgebende Land durch Höhenkurven darstellen. Ihre sämtlichen Publikationen über schottische Seen haben beide Autoren noch einmal in einem großen Standardwerk unter demselben Titel in 6 Bänden, Edinburgh 1910, zusammengefaßt, welches auch eine Anzahl von Abhandlungen über verschiedene Zweige der Seenforschung von einer Reihe von Autoren enthält, auf welche wir später noch zurückkommen werden.[1]) Durch diese Publikationen hat sich die schottische Lake survey ein unvergleichliches Denkmal gesetzt und Schottland in bezug auf Seenkunde zu dem besterforschtesten Land der Erde gemacht, dem kaum die Schweiz und andere Alpenländer die Spitze bieten können. Selbstverständlich gibt es auch in Schottland, namentlich im Hochland, noch eine ganze Reihe bis jetzt noch nicht ausgeloteter und näher untersuchter Seen; der Lake Survey hat in Aussicht gestellt, auch diese Lücken noch nach und nach auszufüllen. Einige von ihnen haben bereits durch *Collet* und *Johnston* ihre Bearbeitung gefunden.[2]) Aus dem überreichen Ergebnis der vielen tausend Lotungen, welche durch *Chumley*, den Sekretär der Survey, übersichtlich zusammengestellt sind, wobei noch zu bemerken ist, daß die Seespiegelhöhe jedes Sees an die Triangulationsmarke des Ordnance survey angeschlossen ist, seien hier noch einmal ganz kurz die interessantesten Ergebnisse wiederholt: die tiefsten Seen sind Morar (310 *m*), Neß (230), Lomond (187), Lochy (160), Ericht (156), Tay (155), Katrine (151), Rannoch (134), Treig (132), Shiel (128), Maree (112), Glaß (111). Von diesen 12 Seen besitzen 8 eine mittlere Tiefe von mindestens 50 *m*, an deren Spitze Neß (132 *m*) steht; 13 Seen sind größer als 10 km^2, an ihrer Spitze stehen Lomond (71·1), Neß (56·5) und Awe (38·5). Ein Volumen von mindestens 1 km^3 haben 8 Seen, von denen Neß (7·1), Lomond (2·5) und Morar (2·2), jeder mehr als 2 km^3 fassen. Über die Entstehungsursachen der schottischen Seen, deren es natürlich eine ganze Menge gibt, habe ich mich auf Grund der Aufnahmen der Lake Survey und der geologischen von *Peach* und *Horne* und eigener Anschauung in den oben genannten Übersichten bereits ausführlich genug geäußert; sehr bemerkenswert sind die Ausführungen der eben genannten Geologen[3]) über die Entstehung der „rock-basins". Beide stellen sich ganz entschieden auf die Seite der Forscher, welche die aushobelnde gegenüber der konservierenden Tätigkeit der Gletscher in den Vordergrund stellen, betonen aber, daß die schon vor der Vergletscherung bestandene Oberflächenbeschaffenheit des Landes bei der Bildung der Seen eine entschiedene Rolle gespielt habe.

[1]) Siehe mein Referat im P. M., 1911, Teil II, H. 6.

[2]) Proc. Roy. Soc. Edinburgh, Vol. 26, Part. II, 1906.

[3]) The scottish lakes in relation to the geological features of the country. Reports on the scientific results of the bathym. survey of the Scott fresh-water lochs. London 1910, Vol. I, pag. 439 ff.

Auch *Tarr*[1]) betont, daß nach seiner Meinung alle größeren Seen des schottischen Hochlandes glazialen Ursprungs seien und daß zum mindesten die Vergletscherung Verwerfungen und sonstigen tektonischen Vorgängen stark nachgeholfen habe.

Auch hier möchte ich auf die Tatsache hinweisen, daß eine Reihe von Seen nahe der Westküste sehr erhebliche Kryptodepressionen sind, die also mit der Bildungsgeschichte des angrenzenden Meeres irgendwie in Zusammenhang stehen müssen, so reicht der Boden des Morar bis 300, des Neß 215, des Lomond 180, des Lochy 131, des Shiel 125, des Maree 103 *m* unter den Meeresspiegel[2]), während die Kryptodepressionen, welche im Binnenlande liegen, weniger stark ausgebildet sind. So wie über kurz oder lang die Mehrzahl der zuerst genannten Seen in Fjorde verwandelt sein wird, so mag ein analoger Vorgang in einer hinter uns liegenden Zeitepoche sie aus Fjorden in den See verwandelt haben, so daß sie wohl als alte Meeresteile anzusprechen sind.

Die Seen in Nordwales waren schon früher häufig der Gegenstand geologischer und morphologischer Untersuchungen, aber erst *Jehu*[3]) hat, von Freunden unterstützt, Lotungen in den Seen in der Nähe des Snowdon und im östlichen Carnarvonshire unternommen, welche hinreichten, um von ihnen genauere Tiefenkarten in 1 : 21.120 zu entwerfen. Sie sind meist schmale Talseen, in denen die tiefste Stelle im oberen Ende liegt, während sie bei den höchstgelegenen mehr in die Mitte fällt. Die meisten von ihnen sind echte Felsbecken, mehrere sind teils als Felsbecken, teils als Abdämmungsseen anzusehen, nur wenige von ihnen sind durch Moränen allein angestaut; daß sie durch eine ehemalige starke Vergletscherung des Gebietes ihre heutige Form erhalten haben, steht außer Zweifel. Nur einer von ihnen, der Llyn Padarn, ist etwas über 1 km^2 groß, der Llyn Llydaw, der Llyn Dulyn und der Llyn Cawlyd sind über 50 *m* tief. Die Seenforschung auf der Insel Irland liegt noch sehr im argen; seit der kleinen Abhandlung von *Howarth*[4]), welcher in 3 Seen, im äußersten Westen der Insel, in der Grafschaft Galway, Loch Dhulough, Clencullin, Nafovey, Lotungen unternahm, wobei sich als größte Tiefe des zuerst genannten Sees 50 *m* ergab, sind mir weiter keine hierher gehörigen Arbeiten bekannt geworden. *Howarths* Lotungen haben übrigens noch nicht zu Tiefenkarten der betreffenden Seen geführt.

F. R. Cowper Reed[5]) hat die kleinen Hochseen der Comeragh Mountains an der Südküste Irlands in der Grafschaft Waterford auf ihre Ent-

[1]) Glacial erosion in the Scottish Highlands. Scott. Geogr. Mag., Bd. 24, 1908: cf. *G. Eisenmeyer,* Sur l'origine glaciaire du loch Lomond et du lac Tay. C. R. Acad. des sciences. Paris 1909.

[2]) Vgl. *Halbfaß,* Les cryptodépressions de l'Europe septentrionale. La Géog. 1911.

[3]) Transactions of the Roy. Soc. of Edinburgh, Vol. 40, Part. II, Nr. 20. Edinburgh 1902.

[4]) Notes on an Irish Lake Distrikt. G. J., XXV, Nr. 2.

[5]) Notes on the Corries of the Comeragh Mountains, Co. Waterford. Geol. Mag. London 1906.

stehungsweise untersucht, ohne aber selbst Lotungen veranstaltet zu haben aus Mangel an Fahrzeugen. Sie liegen im Durchschnitt 4—500 *m* hoch und werden von ihm als Moränenstauseen angesprochen, der Charakter von Felsbecken soll ihnen nicht anhaften. Der größte von ihnen ist der etwa 14 *ha* große Coumishingann in etwa 380 *m* Meereshöhe.

7. Frankreich.

Frankreichs klassische Periode der Seenforschung hat mit *Delebecques* großem Werk „Les lacs français", Paris 1898 und dem von ihm herausgegebenen Seenatlas seinen Abschluß gefunden; das Buch von *Ant. Magnin* „La végétation des lacs du jura", Paris 1904, wird erst später gewürdigt werden. Über die Küstenseen der „Landes" hat *Kretschmar* [1]) mit Berücksichtigung von Karten des *Claude Masse,* der vor 200 Jahren die ganze Gegend in dem großen Maßstab 1 : 29.235 sehr genau aufgenommen hatte, eine neue Darstellung gegeben. Ein Teil der jetzigen Strandseen scheint noch im Mittelalter Hafenbuchten gewesen zu sein, bis ein sich allmählich vergrößernder Landstreifen die Bucht völlig abschnürte und ihr Wasser durch die einströmenden Flüsse langsam ausgesüßt wurde. Die Tatsache, daß, trotzdem der Boden mehrerer Strandseen, vor allem des lac d'Hourtin und des lac de Lacanau, nicht unbeträchtlich über dem Meeresspiegel liegt, wenigstens nach den von *Delebecque* im Dezember 1895 gemachten Lotungen, erklärt sich ganz einfach dadurch, daß die beiden oben genannten Seen, namentlich in ihrer westlichen Hälfte, damals weit tiefer als zu *Delebecques* Zeiten gewesen sind, nämlich um 13 resp. 10 *m*. Ihr Boden lag also damals noch unter dem Meeresboden, so daß ihr früherer Zusammenhang mit dem Meere klar zutage liegt. Der Vergleich der alten Karten mit den neueren zeigt ferner, daß, wenn auch die ehemaligen Buchten durch den Dünengürtel schon vor 200 Jahren geschlossen waren, doch noch unter Wasser liegende Vertiefungen vorhanden waren, die in der Richtung der alten Mündungsstellen lagen und von den früher vorhanden gewesenen courants benutzt worden waren. Das Zeitmaß, in welchem diese Seen seitdem ausgefüllt wurden, läßt darauf schließen, daß sie wahrscheinlich zu Beginn des 16. Jahrhunderts entstanden sind.

An der Küste des Mittelmeers ist ein anderer Strandsee, der Etang de Thau, von *Louis Sudry,* Professor an der Faculté des sciences in Caen, sehr ausführlich untersucht worden.[2]) Seine Arbeit darf als die beste Monographie angesehen werden, die wir bis jetzt von einem Strandsee besitzen. Der etwa 71 km^2 große See erreicht, abgesehen von einer nahe dem östlichen Ufer 100 *m* im Durchmesser enthaltenden, bis 30 *m* tiefen Vertiefung des Bodens, der eine Quelle, die Bise, entströmt, eine

[1]) Die Küsten der „Landes". Geogr. Zeitschr., XVI, 2, 1910.

[2]) L'Etang de Thau. Essai de Monographie océanographique. Imprimerie de Monaco 1910. Ausführliches Referat vom Referenten in der Geogr. Zeitschr., XVII, 8. Leipzig 1911.

Maximaltiefe von 11 *m*, eine mittlere Tiefe von 4·5 *m*, woraus ein Volumen von 350,000.000 m^3 resultiert. Der Mont de Cette im Osten und der Mont d'Agde im Westen bilden die beiden Eckpfeiler der Nehrung, welche ihn vom Meere abtrennt, während der See mit dem Mittelmeer durch die künstlich offen gehaltenen Kanäle von Cette in Verbindung steht. Drei ältere Kanäle, die sogenannten „Graux", gestatten nur noch bei hohem Wasserstand eine Verbindung mit dem Meere und versanden nach und nach, weil sie nicht mehr von den Gezeiten durchspült werden. Da sein Einzugsgebiet nur etwa 4mal so groß als sein Areal ist, die ihm tributären Flüsse nur unbedeutend sind und die herrschenden Nordwinde den Sand der Nehrungsdüne nicht in den See, sondern in das Meer blasen, so hat er sich, im Gegensatz zu anderen Strandseen, sehr gut konserviert, so daß seit historischen Zeiten kaum irgendwelche Veränderungen in seinen Konturen vorgekommen sein dürften. Die Entstehung des Sees, welcher in einer miozänen Mulde zwischen den jurassischen Falten von la Gardiole und Montpellier liegt, hängt offenbar einerseits mit der seit der Pliocänzeit bis auf unsere Zeit ununterbrochenen Hebung der ganzen Ebene von Languedoc, andrerseits mit dem Umstand zusammen, daß die Gezeiten im Mittelmeer nur wenige Dezimeter Höhe erreichen, wodurch die den Strandsee vom Meere trennende Düne eine gewisse Stabilität erhält. Sein Wasser wird dadurch langsam salzreicher, daß das durch niedrige Temperatur und größeren Salzgehalt schwerere Ozeanwasser auf den Grund des Sees sinkt, während das leichtere und brackigere Oberflächenwasser bei den Gezeiten durch die Kanäle in den freien Ozean hinaustritt. Der Salzgehalt selbst schwankt naturgemäß örtlich wie zeitlich (zwischen 13 und 19‰) und ist etwas geringer als im benachbarten Ozean.

Über den Ursprung der Seen des Sept Laux hat *Delebecque* [1]) Untersuchungen angestellt, durch welche er zu dem Resultat gekommen ist, daß nur durch tiefere Bohrungen in dem benachbarten Gelände die Frage erst entschieden werden kann, ob sie echte Felsbecken oder durch Moränen abgedämmt sind.

Neuere Untersuchungen desselben Autors [2]) über die Entstehungsweise einer Reihe von Seen in den Pyrenäen wollen dartun, daß sie sämtlich sicher oder höchstwahrscheinlich echte Felsbecken sind; die meisten von ihnen sind in Granit oder Gneis eingebettet, es sind dies die Seen von Oo, Caillaouas, Orédon, Aubert, Aumar, Cap-de-Long, Peyrelade, Estom, Gaube, Miguelon, Artouste.

Die Hochseen der Insel Korsika sind in der letzten Zeit mehrfach der Gegenstand besonders von Gletscherforschungen gewesen; die ausführlichste Arbeit über die frühere Vergletscherung der Insel verdanken wir *R. Lucerna* [3]).

[1]) Bull. Serv. Carte Géol. de la France et des topogr. souterraines 1903/04, Nr. 102, Bd. XV. Paris 1905.

[2]) Ibid., 1904/05, Nr. 110, Bd. XVI, 1906.

[3]) Die Eiszeit auf Korsika. Abhandl. der k. k. Geogr. Gesellsch. in Wien, Bd. IX. Wien 1910.

welcher allerdings sein Augenmerk weniger auf die Seenbildung selbst gelenkt hat. Der lago del Monte Rotondo oder lago dell' Oriente (2088 *m*) liegt nach ihm (S. 27) in einer plattgeschliffenen Felswanne am Ausgange mit einer von Rundhöckern besetzten Felsschwelle; an seinem Ostrande hat sich in einer Nische der Felswandung ein Grundmoränenrest erhalten, die Karflanken tragen Seitenmoränen der Gschnitzzeit. Noch höher hinauf liegt im gleichen Gebirgsstock der lago Bettaniella (2280 *m*), der mit 7 *ha* der größte Hochsee Korsikas sein soll.[1]) Die Moränenwälle am lago Cinto (2280 *m*) fand zuerst *Briquet*[2]), nach *Lucerna* gehören sie der Daunzeit an. Der Ninosee, im Quellgebiet des Tavignano (1743 *m*), der letzte Rest eines noch deutlich zu erkennenden früheren weit größeren Sees, ist nach *Lucerna* durch Aushöhlung eines Bühlgletschers geschaffen. Auch die kleinen Seen am Capo al Berdato, von denen der 2250 *m* hoch gelegene lago Maggiore mit 1·60 *ha* der größte zu sein scheint[3]), sind echte Zirkusseen. Leider sind noch in keinem korsischen See bis jetzt Lotungen gemacht worden.

8. Spanien.

Von den zahlreichen, wenn auch nur kleinen Hochseen Spaniens wissen wir bis jetzt noch immer nichts genaueres, da Messungen irgend welcher Art fast gänzlich zu fehlen scheinen. Von dem einzigen größeren Binnensee, den überhaupt die Pyrenäenhalbinsel besitzt, dem lago de San Martin de Castañeda, der in der Provinz Zamora liegt, also ganz abseits von den großen Verkehrslinien, ist zwar eine, mit einigen typischen Landschaftsbildern versehene Arbeit von *D. Joaquin de Ciria y Vinent*[4]) erschienen, allein sie erweitert unsere geographische Kenntnis dieses interessanten Sees durchaus nicht, weder was seine Entstehung, noch was seine topographischen und hydrographischen Verhältnisse anlangen. Im wesentlichen gibt sie nur eine Reproduktion der Arbeit von *Cesáreo Fernandez Duro*, „el lago de Sanabria ó de San Martin de Castaneda" (Bol. R. Soc. Geogr. Madrid, 1879, Bd. 6), welche seibst wiederum eine Abhandlung von *Antonio Cesares* (Astorga 1878) wiederholt. Die Angaben über Tiefe (80 *m*?) und Areal schwanken sehr. In der geol. Beschreibung der Provinz Zamora (Memorias „Comision del Mapa Geol. de Espana" von *Puig y Larraz* [1885]) wird seine Größe auf 11 km^2 angegeben, während ich nach der Karte bei *Fernandez Duro* 4 km^2 planimetrisch vermaß. Die Kar-

[1]) *Castelnau*, Observations sur les phénomènes glaciaires en Corse. C. R. Acad. Sc., Bd. 146, 1903, pag. 1705.

[2]) Note sur la Glaciations Quaternaire des Hauts Sommets de la Corse. Arch. Sc. Phys. et Nat. Genève 1901, 4me sér.

[3]) *Castelnau*, Le Niolo. La Géogr., Bd. 17, 1908, pag. 97/108, pag. 211/222. *Déprets* Arbeit, Etude analytique du Relief de la Corse. Revue de Géogr. annuelle 1908, habe ich nicht einsehen können.

[4]) La provincia di Zamora y el lago de San Martin de Castañeda. Bol. R. Soc. Geogr. Madrid 1908, Bd. 50.

seen der Sierra Nevada sind in neuerer Zeit der Gegenstand von Untersuchungen seitens *A. Benrath*[1]) und *Quelle*[2]) gewesen. Nach ersterem liegen die Hochseen dieses Gebirges in echten Karen, sind sehr flach und besitzen nach dem Talausgang hin eine wenige Meter hohe Barre, die der Bach durchsägt hat; sie sind sicher durch Gletschererosion entstanden. Derselben Ansicht ist auch im allgemeinen *Quelle*; um den größeren der beiden Seen, welche in dem mächtigen Zirkus liegen, welcher sich westlich von der 2970 *m* hohen laguna de la Caldera erhebt, zieht sich eine gut ausgebildete Moräne in einer Höhe von 2 *m* in seiner Westseite entlang. In seiner Umgebung, wie in der der laguna de las Yeguas (2850 *m*) sind Rundhöcker sehr deutlich ausgebildet, dagegen konnten Gletscherschliffe nicht aufgefunden werden. Letzteren bezeichnet *Quelle* als den schönsten Karsee des ganzen Gebirges. Die beiden genannten Seen sind zugleich die größten; sie sind, wie auch die kleineren, kreisrund oder oval geformt und wahrscheinlich nur sehr flach. Leider hat *Quelle* keine Lotungen in den Seen unternommen.

Über die Zirkusseen der Sierra de Gredos werden im Bol. R. Soc. Geogr., Madrid 1907, Bd. 49, S. 266 ff. einige Bemerkungen gemacht, namentlich über die 2055 *m* hoch gelegene laguna de Gredos, die mir aber keinen höheren wissenschaftlichen Wert zu besitzen scheinen. Die Literatur über andere Bergseen der Iberischen Halbinsel scheint sehr dürftig zu sein, vgl. *Penck*, Zeitschr. Ges. f. Erdk. Berlin, Bd. 29, 1894, S. 136.

9. Italien.[3])

Nach den großen Aufnahmen des kgl. Hydrographischen Amtes und den Arbeiten des unermüdlichen Dioskurenpaares *O. Marinelli* und *G. de Agostini* ist auch in Italien, wie in Frankreich, seit dem Ende des 19. Jahrhunderts die Seenkunde in ein ruhigeres Fahrwasser gekommen und die letzten Untersuchungen gehen mehr auf Einzelheiten bestimmter Seen ein. Von dem bereits lange fertiggestellten, aber immer noch nicht veröffentlichten Atlante dei laghi italiani von *de Agostini*, welcher alle Seen Italiens, sofern sie mindestens $^1/_2$ *km*^{2} groß und 5 *m* tief sind, im einheitlichen Maßstab von 1:50.000 umfassen soll, sind mir durch die Liebenswürdigkeit des Herausgebers mehrere zur Verfügung gestellt. Das größte Interesse besitzt das Blatt, welches den lago di Bolsena enthält, denn es zeigt, daß dieser See doch ein recht verwickeltes Bodenrelief besitzt, welches in der bereits publizierten Skizze der vulkanischen Seen der Provinz Rom[4]) nicht genügend hervortrat. Die tiefste Stelle des Sees (146 *m*)

[1]) Eindrücke aus der spanischen Sierra Nevada. Geogr. Zeitschr., Bd. 13, 1907, S. 122.

[2]) Beiträge zur Kenntnis der spanischen Sierra Nevada. Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. zu Berlin, 1908, Nr. 5 u. 6.

[3]) Die zu Italien gehörigen in den Alpen gelegenen Seen werden erst später in Zusammenhang mit den Seen der Alpen überhaupt behandelt werden, siehe S. 32 u. 35 f.

[4]) *G. de Agostini*, Esplorazioni idrografiche nei laghi vulcanici nella provincia di Roma. Nota preliminare. Roma 1898.

befindet sich genau in seiner Mitte: östlich von ihr steigt aus tieferem Wasser eine Untiefe empor, welche sich bis zu 82 *m* unter dem Seespiegel erhebt. Offenbar stellt dieselbe neben den beiden Inseln des Sees, der isola Martana und der isola Bisentina, einen dritten erloschenen Vulkan dar. Das Verhältnis der beiden Inseln zum Festland ist übrigens ein ganz verschiedenes; während die isola Martana von der Küste nur durch flaches Wasser, von etwa 6 *m* Tiefe, getrennt ist, steigt der See zwischen der anderen Insel und dem Ufer bis nahezu 100 *m* unter seinem Spiegel hinab. Die vulkanische Beschaffenheit seiner Ufer läßt sich auf einer Spazierfahrt von Monte Fiascone nach Capodimonte, welche namentlich prachtvolle Aufschlüsse über Tuffbildungen gewährt, sehr gut übersehen.

Die Entstehung des vor einiger Zeit künstlich um 1·26 *m*[1]) gesenkten lago di Trasimeno hat *Ristori*[2]) ausführlich dargestellt. Er verlegt dieselbe ins Quartär und faßt ihn als einen Teil desjenigen Sees auf, welcher das Tal der toskanischen und einen Teil der römischen Chiana bedeckte. Die nach dem Quartär erfolgte Hebung ließ im Süden eine Hohlform unausgefüllt, eben den trasimenischen See, der vielleicht noch in historischen Zeiten durch die Tresa einen Abfluß zur römischen Chiana hatte. Später bildeten sich in der Südwest- und in der Nordweststrecke durch die Schuttkegel von Gießbächen nur wenige Meter über dem heutigen Seespiegel liegende Wasserscheiden und die Tresa wurde Zufluß des Sees, bis sie am Ende des 15. Jahrhunderts nach Westen abgelenkt und zur Verkleinerung des Sees von Chiusi verwandt wurde.[3]) *Ristori* verhält sich zur Frage seiner gänzlichen Austrocknung sehr richtig ablehnend, weil eine Versumpfung der Gegend die unausbleibliche Folge sein müßte. In seiner größeren Osthälfte ist der See in Eocänschichten eingebettet, aus welchen inselförmig Kreide aufragt; an der Westseite finden sich teils marine, teils lakustre Ablagerungen, die bis 40 *m* über den heutigen Seespiegel reichen und hie und da deutliche Terrassen bilden.

In der Landschaft Molise liegen östlich von dem Gebirgsstock La Majella in ungefähr 1000 *m* Höhe eine Reihe kleiner Bergseen, welche wahrscheinlich als Karstseen anzusprechen sind und nach den Untersuchungen von *R. Almagia*[4]) nur eine sehr geringe Tiefe besitzen. Die beiden Kraterseen von Monticchio am Monte Vulture in der Provinz Basilicata hat *G. Stegagno*[5]) näher untersucht. Der größere besitzt ein Areal von 42 *ha*, eine Tiefe von 35 *m*; der kleinere ist nur 16 *ha* groß, wird aber

[1]) *Cadalini*, Prosciugamento del lago Trasimeno. Annali delle Societa degli ingegneri ed architetti italiani 11, fasc. VI.

[2]) Il bacino Trasimeno. Mem. Soc. Ital. delle Scienze, 3 ser., Vol. XIII.

[3]) Vgl. *Halbfaß*, Die Entwässerung des Val di Chiana in Toskana. Globus, Bd. 98, Nr. 7, 1910.

[4]) Notizie sopra alcuni laghetti nelle valli del Sangro, del Sinello et del Trigno. Rev. Geogr. Ital., XV, 9. Firenze 1908.

[5]) I crateri laghi di Monticchio (Monte Vulture). Mondo Sott., IV. Udine 1908.

38 *m* tief. Wegen seiner bedeutenderen mittleren Tiefe besitzt letzterer ein größeres Volumen. Beide Seen, deren Speisung und Abfluß zumeist unterirdisch sich vollziehen, sind nicht etwa Reste eines größeren Sees, sondern bilden 2 völlig getrennte Krater, sie sollen vor *Stegagno* bereits von *Agostini* ausgelotet worden sein, doch habe ich das betreffende Blatt seines Seenatlas noch nicht gesehen.

Von den nicht zahlreichen italienischen Strandseen ist der lago di Marano, welcher unmittelbar an der österreichischen Grenze am Golf von Triest liegt, hinsichtlich seiner Niveauschwankungen von *O. Valussi* untersucht worden; er fand, daß der Unterschied zwischen Flut und Ebbe im Mittel etwa 70 *cm* beträgt; in der Zeit von Mitte Juli 1900 bis Mitte Juli 1902 betrug der größte Ausschlag 2·38 *m*.

10. Südosteuropäische Halbinsel.

Hinsichtlich der Seenforschungen auf der südosteuropäischen Halbinsel hat sich unzweifelhaft *Cvijić* die größten Verdienste erworben. Sein im Jahre 1902 erschienener Atlas der großen Seen der Balkanhalbinsel gehört nicht mehr in den Bereich unserer Darstellung, vor kurzem ist aber ihre längst erwünschte textliche Erläuterung, leider in serbischer Sprache[1]), erschienen. Dem Referat desselben in P. M. (1912, Februarheft), das *Kratzer* gegeben hat, entnehmen wir, daß *Cvijić* 3 Typen von Karstseen unterscheidet, solche, die unterirdisch gespeist werden und keinen genügenden Abfluß haben, daher immer mit Wasser gefüllt bleiben, solche, die durch periodische Zuflüsse zeitweilig überschwemmt werden und solche, die zwar unterirdische Abflüsse, aber nur oberflächliche Zuflüsse haben. Die Schwankungen ihres Niveaus entsprechen nicht der *Brückner*schen Periode, sondern betragen z. B. beim Ostrowosee 26 Jahre. Über die Vorgeschichte der größeren dessaretischen Seen hat *Cvijić*[2]) sich dahin geäußert, daß sie die letzten Reste eines großen Sees der Pliocänzeit seien, über dessen Entstehen und Vergehen er sich aber weiter nicht verbreitet. *Philippson* äußert mit Recht in seinem Referat über *Cvijić*' Arbeit (P. M., Februarheft, 1912) Bedenken über diese Anschauung, wir können aber hierauf an dieser Stelle nicht weiter eingehen.

Charakteristisch für das Seengebiet ist die Tatsache, daß es, abgesehen von einigen kleinen Gletschern, die sich nur auf die höchsten Gipfel der vorhandenen Gebirgsstöcke beschränkt haben, nie im ganzen vergletschert gewesen zu sein scheint. Zur Zeit seiner größten Ausdehnung bedeckte der alte Ägäische See alles Land zwischen Wodena im Westen bis zum Defilee der Mesta im Osten und von der Belasica im Norden bis zu den nördlichen Sporaden im Süden, besaß also eine Ausdehnung von zirka 250 bzw. 260 *km* und eine Meereshöhe von 740—800 *m* in seiner ersten

[1]) Grundlinien der Geographie und Geologie von Macedonien und Altserbien usw. III. Belgrad 1911.

[2]) L'ancien lac Egéen. Ann. de Géogr., XX, Nr. 111. Paris 1911.

Periode, von 670—680 *m* in seiner zweiten. Es umfaßte im ganzen 8 Seengruppen, von denen mehrere jetzt gänzlich verschwunden oder zu Sümpfen zusammengeschrumpft sind.

A. Struck[1]) hat die Schwankungen des Ostrowosees, welcher bekanntlich keinen sichtbaren Abfluß hat, näher verfolgt. Dieselben sind ziemlich groß und betrugen in der Zeit vom Januar 1900 bis zum Juli 1902 etwas über 4 *m*. Der unterirdische Abfluß des Sees kann nur im schmalen Sattelrücken sein, der sich zwischen Ostrowo und Vladowo erstreckt, wo der Nissiafluß, Woda von der Landbevölkerung genannt, als der eigentliche Abfluß des Sees betrachtet wird.

Der Devnasee, eine besondere Art von Liman, in Bulgarien unweit der Hafenstadt Varna ist im Jahre 1897 von Leutnant *Stoikow* ausgelotet worden; publiziert sind diese Messungen erst im Jahre 1905 durch Prof. *Ischirkoff* in Sofia (Universitätsjahrbuch 1904—1905). *Kassner* hat in P. M., 1906, H. 11 ein Referat dieser Arbeit gegeben. Der See ist 19 km^2 groß, wird 21 *m* tief und seine Längsachse steht senkrecht zur Hauptrichtung der Küste, die hier im Golf von Varna einen Meerbusen bildet. Unzweifelhaft bildet der See ein durch Flußerosionen vertieftes Tal im Niveau des Schwarzen Meeres, das damals niedriger stand. Sein Wasser ist übrigens süß und ist grünlich gefärbt.

Außer dem Devnasee besitzt Bulgarien nur noch am Rilagebirge an der Grenze der europäischen Türkei eine Reihe von Hochseen, über welche bereits *Cvijić* vor einer Reihe von Jahren eine Arbeit veröffentlicht hat[2]), auf welche wir hier nicht weiter eingehen können. *Ischirkoff* gibt in seiner Hydrographie Bulgariens[3]) eine Zusammenstellung dieser Seen nach Angaben seines Assistenten *A. Radew*, welcher sich dort aufgehalten hat. Danach sind im ganzen dort 110 Seen vorhanden, von denen etwa die Hälfte auf das Flußgebiet des Isker kommen. Lotungen scheint auch er nicht darin gemacht zu haben, so daß für Hochseenforscher hier noch ein reiches Arbeitsfeld übrig bleibt.

Gelegentlich seiner letzten topographischen Aufnahmen in Montenegro hat *Hassert* auch in 3 Seen Montenegros Peilungen gemacht, die er in Tiefenkarten dargestellt hat.[4]) Der Gornje Blato ist in noch höherem Grade als der Skutarisee ein außerordentlich seichter Sumpfsee vom Typus der Karstwannen und sinkt nur an einer Stelle in einen engen Schlot, vergleichbar den Oki des Skutarisees, bis zu einer Tiefe von 26 *m*. Rikavac und Bugomirsko sind abflußlose Glazialseen von kesselförmiger Gestalt, ihre größten Tiefen betragen 13 bzw. 17 *m*.

Die zahlreichen Seen der unteren Donau, welche auf rumänischem

[1]) Die macedonischen Seen, Globus, Bd. 83, Nr. 14, 1903.

[2]) Das Rilagebirge und seine ehemalige Vergletscherung, Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. zu Berlin, Bd. 32, 1898.

[3]) Jahrbuch der Universität Sofia 1908/09 (bulgarisch). Obige Zahlen nach einer gütigen brieflichen Mitteilung von *Kassner* an mich.

[4]) Topographische Aufnahmen in Montenegro, P. M., 1905, X.

Staatsgebiet liegen, wurden von *Antipa*[1]) zwar überwiegend nach ihrer volkswirtschaftlichen Bedeutung gewürdigt, doch wurde auch ihre Entstehung und physische Beschaffenheit gestreift. Von dem 4400 km^2 umfassenden Seengebiet entfällt die kleinere Hälfte auf die Seen des Deltas, deren Sohle durchweg bis 2 *m* unter dem Spiegel des Schwarzen Meeres reicht. Die eigentlichen Donauseen sind sämtlich sehr flach, sie sind teilweise frühere Arme der Donau oder verlassene Limane an den Mündungen von Nebenflüssen in dieselbe. Andere sind alte Erosionstäler oder Depressionen des Überschwemmungsgebietes, deren Ränder aus den Ablagerungen des Flußwassers erhöht wurden; einige wenige werden auch durch eigene Quellen gespeist, die aber auch mit der Donau in Verbindung stehen. Die Entstehung der Deltaseen hängt aufs engste mit den sogenannten „Grinds" zusammen. Erhöhungen, welche wahrscheinlich der Tätigkeit des Meeres, vielleicht auch der des Flusses selbst, ihre Existenz verdanken.

11. Ungarn und Nebenländer.

Der bekannte kroatische Seenforscher *Gavazzi*[2]) hat in einer umfangreichen Abhandlung Material über die beständigen und die periodisch überschwemmten Karstseen zusammengebracht, von denen die letzteren einen sehr schwankenden Umfang besitzen, über dessen Periodizität der Verfasser zahlreiche Angaben gesammelt hat. Da aber die Speisung fast aller Karstseen durch die Öffnungen unterirdischer Kanäle, welche eine sehr wechselnde Menge von Wasser enthalten, geschieht, so ist demzufolge der Wasserstand auch der beständigen Karstseen ein sehr schwankender, die Amplitude betrug im Racinesee während der Jahre 1897—1898 etwa $8^1/_2$ *m*. Der Abfluß der Seen erfolgt durch Spundlöcher (Ponore), welche teils am Boden des Sees, teils im anstehenden Gestein der Abhänge sich befinden. Je nach der Menge und Häufigkeit der Niederschläge können die Ponore auch Speilöcher werden, dort Estavellen genannt. Die Speisung der Seen erfolgt stets schneller als ihre Entleerung und ist insbesondere wegen der starken Verdunstung im Sommer von der Regendichte abhängig. Unter den eigentlichen Seen ragen die Plitvicerseen hervor (13 an der Zahl), welche durch die erodierende Tätigkeit des Wassers entstanden sind. *Drgutin Franc* hat über sie eine Monographie, leider in kroatischer Sprache[3]), geschrieben, welche nach einem Referat von *Katzer* (P. M., 1911, Februarheft) in bezug auf die geologischen Verhältnisse dieser interessanten Seengruppe keinen Fortschritt bedeutet, aber über die sonstigen Verhältnisse, über welche hier nicht referiert werden soll, viel wertvolles Material bietet. Die Flächenmaße mancher Seen soll

[1]) Das Überschwemmungsgebiet der unteren Donau. Bukarest 1912.

[2]) Die Seen des Karstes. I. Teil. Morphologisches Material. Abh. d. k.k. Geogr. Ges., Wien 1903/04, Bd. V, Nr. 2.

[3]) Plitivka jezera i njihova okolika. Agram 1910.

Gavazzi nach *Frane* zu klein angegeben haben. Auch *Garazzis* Schrift[1]) über den gleichen Gegenstand ist leider nur kroatisch publiziert worden.

Die heißen Salzseen in Ungarn sind von *Schafarzik*[2]) von neuem einer Untersuchung unterzogen worden, aus denen sich ergibt, daß die Temperatur und der Salzgehalt des Medvetó am Boden zugenommen, daß dagegen die Maximaltemperatur von 56° auf 45·6° gesunken ist, und daß seine größte Tiefe nicht 34 *m*, wie *v. Kaleczinsky* angab, sondern nach der genauen Tiefenkarte, welche *Schafarzik* entworfen hat, nur 23 *m* beträgt. Seit den Untersuchungen von *Schafarzik* hat nach *Rózsa*[3]) der See weitere 3 *m* an Tiefe eingebüßt; derselbe hat bei Vizalena weitere heiße Salzwasserseen nachgewiesen, die gleichfalls durch Unterhöhlung der Seitenwände alter Salzgruben entstanden sind; einer von ihnen wird bis 46 *m* tief.

Von dem großen Werk der Balaton-Kommission, welche die ungarische geographische Gesellschaft mit Unterstützung des Ackerbauministeriums eingesetzt hatte, ist der geographisch wichtigste Teil, nämlich die geographische Beschreibung des Sees und die Orographie und Geologie seiner Umgebung, noch immer nicht erschienen, weil die geologischen Aufnahmen dort noch nicht abgeschlossen sind, dagegen gab *L. von Loczy* die von ihm entworfene Spezialkarte des Sees in 4 Blättern in 1:75.000 1902 heraus. Die Darstellung des Seebodenreliefs beruht auf den in den Jahren 1892—1896 ausgeführten Lotungen der Hydrographischen Sektion des genannten Ministeriums. Das Relief ist durch Isohypsen im vertikalen Abstand von je 1 *m* dargestellt, die den Wassertiefen von 0·57, 1·57 usw. bis 10·57 *m* entsprechen.

Die größte Tiefe befindet sich nahe der äußersten Spitze der Halbinsel von Tihany, welche den See in ein nördliches Drittel und ein südwestliches Zweidrittel teilt. Sein Bodenrelief ist im allgemeinen einfach und nur an der schmalen Stelle zwischen der Halbinsel und dem gegenüberliegenden Südufer verwickelt. Ein schmaler Rücken von wenig mehr als 1 *m* Wassertiefe teilt hier den See in zwei verschiedene Becken von wesentlich gleicher Tiefe.

Unweit seines Westufers liegt bei Keszthely der kleine Hévizsee, welcher zwecks Akklimatisationsversuchen mit tropischen Seerosen von *Lorassy*[4]) ausgelotet wurde. Der nur 4·75 *ha* große See hat eine größte Tiefe von 36·5 *m*, seine mittlere ist aber nur 3·6 *m*, da nur ein sehr kleiner Teil, der Trichter der warmen Quelle, welche ihn speist, eine größere Tiefe besitzt.

[1]) Naravoslovnoga Glasnika. Godina, XV (Bote der Kroat. Naturf. Ges.).

[2]) Über die geologischen, hydrographischen und einige physikalische Verhältnisse der durch Insolation erneuerten Salzseen, insbesondere des heißen Medvetósees bei Szováta. Föld.-Kozlöny, 1908. Bd. 38.

[3]) Neuere Daten zur Kenntnis der warmen Salzseen. Berlin 1911.

[4]) Die tropischen Nymphäen des Hévizsees bei Keszthely. Resultate der Wiss. Unters. des Balaton, II. Bd., 2. Teil, 2. Sekt. Wien 1909.

Über die Schwankungen des Neusiedlersees hat *Goll*[1]) eine Zusammenstellung aller bisher bekannten Beobachtungen geliefert, welche zeigt, daß sie im engsten Zusammenhang mit den Niederschlägen stehen, von welchen die Wasserzufuhr abhängt, wenigstens bis zum Jahre 1898. Seit Beginn dieses Jahrhunderts hat er, wie besonders auch aus den Untersuchungen *Th. v. Czontaghs*[2]) hervorgeht, beständig an Wasseroberfläche verloren, und es hat sich gezeigt, daß weder im Becken noch am Ufer wesentlichere Quellen vorhanden sind. Nach den neuesten Mitteilungen ist er definitiv aus der Reihe der Seen gestrichen worden, indem die Raabregulierungsgesellschaft, welche seine Trockenlegung schon seit Jahren betrieb, sein Wasser jetzt durch einen Kanal der Raab und dadurch der Donau zugeführt hat.

Die Seen der Tatra sind in neuerer Zeit wieder der Gegenstand auch seenkundlicher Forschungen gewesen. *Halbfaß* hat im Jahre 1903 einige Beobachtungen gemacht, die leider abgebrochen werden mußten[3]): er hat bei dieser Gelegenheit einige kleinere Seen, die im Jagdgebiet des Herzogs von Ujest liegen, besucht. Im kleinen Froschsee fand er Tiefen bis zu 17, im großen bis zu 22 *m*, beide sind Karseen. der Cesky-stav, der nur 4·5 *m* tief wird, ist an seiner Ostseite durch Trümmergestein in situ etwas angestaut worden, wodurch er an einer völligen Entleerung gehindert wurde. Das gleiche gilt vom Zeleny-stav, der nur $2^1/_2$ *m* tief wird. Der Litvorovy-stav erreicht eine Tiefe von 19 *m* und ist früher weit größer gewesen. Bei den beiden zuletzt genannten Seen fand sich keine Staumoräne, dagegen sind der Pflocksee, der Grünsee und der Schwarzsee ausgesprochene Stauseen, namentlich beim Pflocksee sind sowohl die typische Endmoräne wie die Seitenmoräne mit großen und kleinen Geschieben sehr gut erkennbar. *L. v. Sawicki* und *Minkiewicz*[4]) haben über ihre Arbeiten an den Seen der galizischen Seite der Tatra einen Bericht (polnisch) herausgegeben, dem wir entnehmen, daß der unter dem Namen Meerauge, auch Schwarzer See, polnisch Czarny-stav, bekannte, nördlich von der Meeraugspitze 1584 *m* hoch gelegene See eine Tiefe von 84 *m* besitzt, also zu den tiefsten Hochgebirgsseen Europas gehört; der 200 *m* tiefer gelegene Fischsee, auch Morski Oko genannt, der nach den bisherigen Lotungen 49·5 *m* erreichte, wird nach *Sawicki* bis 53·5 *m* tief; der Schwarze See nördlich von Koscielic (1620 *m* tief) wird nicht 47, sondern 50·4 *m* tief. Unter den neu ausgeloteten Seen besitzt der Große Hinzensee südlich von der Mengsdorferspitze eine Tiefe von 55·1 *m*. Der Große See (Wielki-stav), im polnischen Fünfseegebiet.

[1]) Die Schwankungen des Neusiedlersees. 37. Jahresbericht der deutschen Staatsoberrealschule in Triest, 1907.

[2]) Jahresbericht der Ungarischen Geologischen Anstalt für 1902. Budapest 1904.

[3]) Zur Kenntnis der Seen der Hohen Tatra. (Vorläufige Mitteilung.) Mitt. d. Geogr. Ges. für Thüringen in Jena, Bd. 28, 1910.

[4]) Rapport préliminaire sur les travaux limnologiques dans les monts de la Haute Tatra en 1909. Krakau 1909.

der größte aller Tatraseen, übertrifft in seiner Maximaltiefe vielleicht noch das zuerst genannte Meerauge, nach den bisherigen Lotungen wird er 78 *m* tief. *Sawicki* hat ihn noch nicht von neuen ausgelotet. Von den Meeraugen der Südkarpathen, deren Zahl *v. Loczy* auf 90 schätzt, hat derselbe [1]) die beiden größten des Retyczátgebirges näher untersucht, nämlich den 10·6 *ha* großen Bukurasee (2041 *m* hoch) und den 8·1 *ha* großen Zenógasee (2001 *m* hoch), welche eine Tiefe von 14·2 bzw. 24 *m* erreichen; sie sind durch Gletschererosionen entstandene Felsbecken. Einen gänzlich anderen Charakter zeigt der St. Annasee in Siebenbürgen [2]), ein Kratersee einer Gebirgskette, deren Vulkane bereits im Neocom der unteren Kreide tätig waren. Der 21 *ha* große, bis 10 *m* tiefe See zeichnet sich durch eine ganz merkwürdige Reinheit des Wassers aus. Die chemischen Analysen von Prof. *R. Fabinyi* ergaben auf 1 *l* Wasser nur 0·002 *g* unlöslichen Gesamtrückstand und eine Härte von nur 0·028°. *v. Gelei* erklärt diesen höchst auffälligen Befund, der sich mit der Tatsache, daß die Fauna im See zahlreiche Vertreter aufweist, im starken Widerspruch befindet, damit, daß der See ausschließlich Regenwasser enthalte. Da aber der Regen doch auch im Einzugsgebiet des Sees fällt, so müßte er doch irgend welche Lösungen des Bodens zuführen und daher möchte ich einstweilen hinter die Resultate der chemischen Untersuchung, welche das Seewasser des St. Annasees zum bei weitem reinsten der Erde machen würde, ein bedeutendes ? setzen. Sehr erwünscht würden eingehende Temperaturuntersuchungen sein, denn da das destillierte Wasser — als solches müssen wir das des Sees beinahe bezeichnen — den Sonnenstrahlen gegenüber sich weit durchsichtiger verhält als weniger reines Wasser, so müßte das Seewasser von oben bis unten beinahe gleichmäßig temperiert sein, falls wirklich der See ein so reines Wasser besitzt, wie die bisherigen Untersuchungen ergeben haben sollen.

12. Die Alpenländer.

Unter diesem Titel fassen wir ohne Rücksicht auf politische Grenzen diejenigen Arbeiten zusammen, welche sich mit den Seen innerhalb der Alpen oder ihres Vorlandes beschäftigen, wobei wir zunächst auf allgemeine Fragen eingehen und sodann nach chorographischen Gesichtspunkten einzelne Seen bzw. Seengruppen behandeln.

Über die Entstehung der großen Alpenseen hat *Penck* [3]) Ansichten entwickelt, welche zum Teil im Gegensatz zu denjenigen stehen, die früher *Heim* [4]), *Garwood* [5]), *Kilian* [6]) u. a. ausgesprochen haben. Nach ihm bezeichnen

[1]) Über die Seen des Retyczátgebirges. Ibid., Bd. 32, Heft 5. Budapest 1905.

[2]) Dr. *József v. Gelei*, Der St. Annasee in Siebenbürgen. Föld. Közlemények, Vol. 37, Heft 5—7. Budapest 1910.

[3]) Die großen Alpenseen. Geogr. Zeitschr., XI, 1905, S. 381 ff.

[4]) Die Entstehung der alpinen Randseen. Vierteljahrsschr. Naturw. Ges. Zürich 1894.

[5]) On the origin of some hanging valleys in the Alps and Himalayas. Quart. Journ. Geol. Soc. London 1902.

[6]) Quelques reflexions sur l'érosion glaciaire et la formation des terrasses. C. R. de l'assoc. franç. pour l'avancement des sc. Lyon 1906.

sie das Ende der glazialen Talübertiefung, welches beinahe mit der letzten Zeit der eiszeitlichen Gletscher, deren Zungenbecken sie ausfüllten, zusammenfiel. Sie nehmen aber nur Teile der übertieften Talsysteme ein, nämlich nur diejenigen, deren Sohle ein Gegengefälle durch das Nachlassen der Erosion und durch die glaziale Akkumulation erhielt. Ihre Wannenform geht daher, abgesehen vielleicht von ihrer größten Tiefe, im wesentlichen auf glaziale Erosion zurück; sie sind daher zum Teil auch durch die glaziale und fluvioglaziale Abdämmung entstanden, welche im Süden sich bedeutend stärker entwickelte als im Norden und daher dort auch weit tiefere Seen erzeugte als hier. Für die Seen der Ostalpen, insbesondere diejenigen des Salzkammergutes, besteht ein Zweifel über die Entstehung durch glaziale Erosion eigentlich nicht mehr. Anders verhält es sich mit den Seen der Westalpen und zum Teil denjenigen Oberbayerns. Hier wogt der Kampf der Tektoniker mit den Erosionsglazialisten noch unentwegt weiter, wenngleich nicht zu leugnen ist, daß allmählich eine Annäherung der beiden feindlichen Lager erfolgt ist. Es ist ganz ausgeschlossen, daß hier auf die äußerst umfangreiche Literatur über diese Streitfrage näher eingegangen werden kann, zumal sie überwiegend geologisches, weniger limnologisches Interesse besitzt. Wir werden uns mit einigen Beispielen begnügen und geben im folgenden ganz kurz die Ansichten von *Penck* und *Brückner* wieder, welche sie in ihrem monumentalen Werk „Die Alpen im Eiszeitalter", 3 Bde., Leipzig 1909, über die Entstehung der wichtigsten Seen der Ost- und Westalpen niedergelegt haben. Bemerkt sei noch, daß die einzelnen Teile dieses Werkes in einem Zeitraum von nahezu 20 Jahren erschienen sind und daß dadurch manche Partien durch neuere Forschungen gewissermaßen überholt wurden.

Die Entstehung des Bodensees fällt nach *Penck* (Bd. 2, S. 418) gleich derjenigen der glazialen Zungenbecken auf der Nordseite der Ostalpen in das Eiszeitalter und nicht die leiseste Spur verrät, daß er oder sein weites Becken vorher vorhanden gewesen sei. Während die Bildung des Zürichsees von anderen Autoren, namentlich von *Heim*, *Aeppli*[1]) und zum Teil *Gogarten*[2]), auf tektonische Vorgänge zurückgeführt wird, kann er nach *Brückner* (Bd. 2, S. 525) nur als Erosionsbecken gedeutet werden. Er entstand durch glaziale Übertiefung und stellt das Ende des vom Linthgletscher übertieften Tales dar, analog dem alten See von Rosenheim und dem von Salzburg. Auch der Vierwaldstädter- und der Zugersee sind nach demselben Autor (S. 537) sowohl in den präglazialen als auch in den interglazialen Talboden eingesenkt, und zwar beide in festem Gestein; ihre Existenz kann keineswegs auf eine Dislokation, sondern nur auf Erosion zurückgeführt werden. Alpnacher- und Küssnachersee sind nicht ertrunkene Seitentäler, sondern glaziale Zungenbecken, die dem Streichen der Schichten folgen. In derselben Weise sind auch die Niede-

[1]) Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. XXIV. Bern 1894.

[2]) Über alpine Randseen und Erosionsterrassen im besonderen des Linthtales. P. M., Ergänzungsheft Nr. 165. Gotha 1910.

rungen des Genfersees wie die der Neuenburger Seengruppe (S. 568) durch glaziale Erosionen gebildet worden, wobei der Genfersee und der Neuenburgersee in die präglaziale Landoberfläche eingesenkt, also Felsbecken sind, was sich für den Murtener- und den Bielersee nicht erweisen läßt. In ihrer heutigen Form sind die 3 zuletzt genannten Seen, obwohl sie in dem durch Glazialerosionen gebildeten nordöstlichen Zungenbecken des Rhonegletschers liegen, durch Akkumulation bedingt. Der lac de Bourget (S. 686) ist gleich dem Zellersee des Pinzgaus neben der Salzach und dem Walensee neben dem Rheintal als ein Stück übertieften Tales zwischen größeren Flüssen erhalten geblieben und war durch eine Bifurkation des Gletschers bedingt. Gleichen Ursachen verdankt auch der lac d'Annecy seine Entstehung (S. 587), oberhalb dessen die Übertiefung noch weithin deutlich sichtbar ist. Die Erscheinungen der Übertiefungen treten nach *Penck* auch beim Ortasee (Bd. 3, S. 799), beim lago Maggiore (S. 802), Comersee (S. 804) und Luganersee (S. 803 und 805) auf: die großen Tiefen des lago Maggiore und des Comersees sucht er mit der Tatsache zu erklären (S. 809), daß der Anstieg von der tiefsten Stelle des Seebodens bis ans Südende des Sees durchaus nicht das entsprechende Gefälle der Gletscheroberfläche überschreite. *Baltzers* Einwände gegen die glaziale Erosion des Iseosees[1]) sucht er S. 836 zu widerlegen. Wenn er auch S. 889 zugibt, daß der Gardasee gleich dem lago Maggiore und dem Comersee zu einem großen Teile durch Moränen und Schotter abgedämmt sei, so erblickt er dennoch in seiner Wanne (S. 906) nur die tiefere Partie einer Furche, welche in die höheren Talböden eingeschnitten war und welche der alte Etschgletscher erodiert hat; den Gedanken einer vermeintlichen Entstehung durch Krustenbewegungen, ebenso einer solchen durch eine Längsverwerfung, welche etwa das Westufer hob und das Ostufer senkte, lehnt er ab.

Der Millstättersee (S. 1115) ist ein Diffluenzbecken nördlich der Drau, zu welcher er sich ähnlich verhält wie der Ortasee zum Toccntal oder der Comersee zum Val Sassina. Der Schuttkegel des Liesertales staute ihn über den Rand des eigentlichen Diffluenzbeckens empor, erhöhte dadurch seinen Wasserstand und bewirkte, daß er nicht in der Richtung seiner Achse zur Drau entwässert wird. Ganz analoge Ursachen ließen den Ossiachersee und den Weißensee entstehen, welch letzterer eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Achensee besitzt, insoferne auch er nicht direkt zum nächsten Punkt des Drautales, sondern erst eine weite Strecke unterhalb entwässert. Der Achensee wird aber vom Inntal durch glaziale und fluvioglaziale Aufschüttungen getrennt, der Weißensee dagegen vom Drautal durch eine Felsschwelle (bei Urschitz); auch in den Tiefenverhältnissen weichen beide Seen erheblich voneinander ab.

[1]) Vgl. *Baltzer*, Geologie der Umgebung des Iseosees in *Kokens* Geol. Pal. Abh., N. F., Bd. V, H. 2. Jena 1901. — *Cozzaglio*, Studi di geologia sui laghi di Garda ed Iseo. Brescia 1902; idem: le moderne teorie sulla formazione dei laghi prealpini. Comm. dell' Ateneo di Brescia 1899.

Die Übertiefung des Beckens des Gmundner Sees veranschlagt *Penck* (S. 211) auf ca. 270 *m* und läßt sie auf sämtliche vier verschiedene Eiszeiten und die drei Interglazialzeiten verteilen. Die Störungen des Gebirgsbaues seiner Umgebung — die Schichten am rechten Ufer sind gegenüber denjenigen des linken Ufers nach Norden verschoben — erfolgten nach *Penck* in einer Zeit, welcher der Entstehung des Sees weit voranging, während *G. M. Koch* sie unmittelbar mit der Bildung des Sees in Verbindung gebracht und geradezu die Behauptung aufgestellt hatte, daß er diesem großen Querbruche seine Entstehung verdanke.

Auch der Attersee ist ein inneralpines Zungenbecken (S. 215), das aber nirgends in das Kalkgebirge selbst hineinragt wie der Gmundnersee, sondern nur bis an seine steilen Abstürze hinausreicht. Beide Seen besitzen in ihrer Mitte Untiefen oder sublakruste Rücken, deren Profil wegen der ungenügenden Zahl von Lotungen noch nicht ermittelt werden konnte.

Der Mondsee und der Wolfgangsee sind in festes Gestein eingesenkte Zungenbecken, also Felswannen, während der Irrsee und der Fuschlsee als durch Moränenablagerungen angestaute Talstrecken anzusehen sind (S. 217).

Gegenüber den Aufstellungen von *Böse* (Zeitschr. der deutschen Geol. Ges. 1898), welcher den Königssee als einen tektonisch durch Verwerfungen bedingten See auffaßt, bleibt *Penck* (S. 313) dabei stehen, daß seine Wanne das übertiefte Bett eines Gletschers ist, der von den Höhen des Gebirges sich in einzelnen Furchen in das umgebende tiefere Land herabzog, da die Grabenbrüche *Böses* nicht auf Beobachtung beruhten, sondern rein hypothetischer Natur seien.

Am Altausseersee wie am Grundlsee, die beide teilweise von Endmoränen des Gschnitzstadiums umklammert werden, fand *Penck* (S. 368) Spuren eines früheren höheren Wasserstandes von 8—10 *m* Höhe über dem heutigen Wasserspiegel.

Auf die gesamte Kontroverse *Pencks* und seiner Gegner können wir hier, wie schon oben erwähnt, nicht eingehen, wir begnügen uns hier mit der Hervorhebung einiger wichtiger neuerer Arbeiten und verweisen im übrigen auf die bei *Penck* und *Brückner* angegebene Literatur. Unter den bayrischen Vorlandseen ist es insbesondere der Starnberger- oder Würmsee, der eine Kontroverse zwischen *Ule*[1]) und *Penck* hervorgerufen hat. Während letzterer die Ansicht aufgestellt hatte, daß auch dieser See durch Gletschererosionen, und zwar zur Zeit der letzten Vereisung entstanden sei, vertritt *Ule* die Anschauung, daß wir es hier mit einem Werk des fließenden Wassers zu tun haben. Durch seine genauen Lotungen hat er festgestellt, daß die Wanne des Würmsees keineswegs völlig gleichmäßig in den Boden eingesenkt sei, wie man nach den unzulänglichen Lotungen

[1]) Der Würmsee (Starnbergersee) in Oberbayern. Eine limnologische Studie. Wiss. Veröff. des Ver. f. Erdk. zu Leipzig, Bd. V, 1901. Ders., Alter und Entstehung des Würmsees. Zeitschr. Ges. f. Erdk. zu Berlin, 1904, Nr. 9; cf. *Jäger*, Der Starnbergersee. Globus, Bd. 96, 3/4, 1909.

Geistbecks annahm, daß vielmehr der deutlich erkennbare „Schweb“ nicht die Mitte des Sees einnehme, sondern dicht an das Ostufer gedrängt sei und in seiner Breite nicht mehr schwanke, als jedes rezentes Flußtal. Auch kehren die treppenartig Aufeinanderfolgen der Terrassen auf der Westseite des Sees, die stets von Norden nach Süden geneigt sind, im Relief des Untergrundes genau wieder und ebenso entsprechen im Südteil, wo die größeren Höhen am Ufer weiter zurücktreten, seine Bodenformen durchaus denen des Landes. Zu diesen morphologischen Gründen gegen eine glaziale Erosion treten nach *Ule* noch geologische hinzu; die den See in langen Wellen begleitenden Moränen sind in ihrer Gesteinsschichtung nicht mehr ungestört, sondern steigen nach Süden zu etwas an und außerdem fanden sich bei dem Orte Seeshaupt 1—2 *m* mächtige Schotterablagerungen, über welchen sich echte Moränen befanden. Der See stellt demnach nach *Ule* ein interglaziales Talsystem dar, welches schon vor der letzten großen Vergletscherung bestanden hat.

Auch den Ammersee hält *Ule*[1]) für eine vorwiegend durch Wassererosion entstandene Talsenke, welche durch glaziale und fluvioglaziale Schotten abgedämmt und erst dadurch in einen See verwandelt wurde. Trotzdem seine Entstehung selbstverständlich mit der großen Vergletscherung der Alpen aufs engste zusammenhängt, lehnt *Ule* Glazialerosion im *Penck*schen Sinne entschieden ab und verlegt die Bildung des Seetals in die Rißzeit. Als *Penck* seine Bemerkungen über diesen See schrieb (a. a. O., Teil I. p. 187 ff.), war ihm natürlich noch nicht das Ergebnis der *Ule*schen Lotungen bekannt, welche nicht nur eine größere Maximaltiefe des Sees, als man früher annahm, ergaben, sondern auch in der Mitte eine deutlich ausgeprägte Rinne erkennen ließen, wie sie für die Bildung durch Wassererosion so charakteristisch ist (siehe Würmsee). Ich möchte meinerseits glauben, daß die Aufstellungen von *Ule* bis jetzt noch nicht endgiltig wiederlegt worden sind.

Gogarten kommt in seiner oben erwähnten Schrift zu einer Bestätigung der Ansichten von *Heim* und *Aeppli*, daß nämlich der Zürichersee seine Entstehung einer Dislokation verdanke, welche dem Alpenrand parallel strich, und zwar nach Ablagerung des Deckenschotters und vor Eintritt in die Rißzeit (a. a. O. S. 29): er ist also ein altes Flußtal, welches zwischen den beiden angegebenen Zeiten angestaut wurde. Als Beweise für seine Behauptung führt er (S. 31): 1. die rückläufigen Flußerosionsterrassen an, die nicht als Schichtterrassen aufgefaßt werden können, weil sie die Molasseschichten schneiden; 2. die rückläufige alte präglaziale Landoberfläche zwischen Albis und Zugerberg in dem Plateau von Menzingen; 3. die beiden alten ertrunkenen Täler am Schindellegi—Richterswil und Schindellegi—Freienbach—Hurden; 4. die rückläufigen Schotter des Sihltales. *Lautensach*[2]) macht in einer Kritik der Arbeit *Gogartens* diesem den Vor-

[1]) Studien am Ammersee in Oberbayern. Landeskundl. Forschungen. Herausgegeben von der Geogr. Ges. München. Festschr. 1906.

[2]) Über alpine Randseen und Erosionsterrassen. P. M., 1911, Januarheft.

wurf, daß die von ihm angeführten Beweise für die tektonische Entstehung des Zürichersees die Hauptfrage gar nicht berühren, denn sie genügen nicht, um die Entstehung eines Sees auf eine Terrassenlokation zurückzuführen und bringen keine entscheidende Auseinandersetzung mit der ganzen Lehre der Überlieferung der Täler, auf welche sich ja der Beweisgang des *Penck-Brückner*schen Werkes in erster Linie stützt.

An einer wesentlich tektonischen Entstehung wenigstens der oberitalienischen Randseen hält auch *Taylor* [1]) fest und glaubt, daß ihre Deformation gleichzeitig mit dem Vordringen des Podeltas erfolgte. Er stützt seine Behauptung darauf, daß er an verschiedenen Seen alte Uferlinien gefunden haben will, welche an ihrem Südende erheblich niedriger liegen als am Nordende.

Diese Differenz schätzt er beim Lago Maggiore auf 12—15 *m*, beim Comersee auf 10—11 *m*, beim Gardasee auf 8—10 *m*, beim Genfersee auf nur 2—3 *m*, während er beim Luganer- und Vierwaldstättersee keine Differenz, bzw. beim letzteren überhaupt keine Spuren früheren höheren Wasserstandes fand. Dem Ref. scheint die Zeit, während welcher *Taylor* seine Untersuchungen ausführte, zu kurz zu sein, um zu irgend welchen stichhaltigen Schlüssen kommen zu können.

Auch in bezug auf die rein glaziale Entstehung des Bodensees ist *Penck* in der Person von *Schmidle*, welcher sich besonders mit den glazialen Erscheinungen im nordwestlichen Teil des Bodenseegebietes sehr eingehend beschäftigt hat [2]), ein beachtenswerter Gegner erstanden. Er hält an einer voreiszeitlichen Senkung bzw. Grabensenkung in der Gegend des heutigen Untersees fest, welche den aus dem Rheintal heraustretenden Gletscher schon zur Günzeiszeit nach Westen ablenkte. Die Grabeneinsenkung ist nach ihm älter als der See, sie wurde von dem Gletscher bearbeitet, vertieft und allmählich zum heutigen See umgestaltet.

Während bei Radolfszell ein Stausee in 410 *m* Höhe bestand, staute gleichzeitig im Überlinger Tal der Gletscher noch einen zweiten See in 440 *m* Meereshöhe auf. Die 3 Inseln des Sees waren mit Rückzugsmoränen verknüpft, und zwar die Mainau mit dem 3., die Lindau mit dem 5. und die Reichenau mit dem 2. Stand der dritten Phase. Aus dem engen Anschluß der Seitenmoränen an die Stirnmoränen des letzten Rückzugsstadiums möchte er den Schluß ziehen, daß seit dem Delta der Postglazialzeit keine

[1]) Postglacial changes of altitude in the Italian and Swiss lakes. Bull. Geol. Soc. of America, Vol. XV, Rochester 1904.

[2]) Zur Kenntnis der Molasse und der Tektonik am nordwestlichen Bodensee. Zeitschr. d. deutsch. Geol. Ges., Bd. 63, Heft 4, Berlin 1912. Über den Rückzug des Würmgletschers im nordwestlichen Bodenseegebiet. Zeitschr. f. Min., 1907, Nr. 9. Ders., Postglaziale Ablagerungen im nordwestlichen Bodenseegebiet, ebenda, 1911, Nr. 4—8. Ders., Zur geologischen Geschichte des nordwestlichen Bodensees bis zum Maximalstand der Würmeiszeit. Schriften d. Ver. f. Gesch. d. Bodensees, Heft 35, 1906. Ders., Über äolische Bildungen während des Rückzuges der letzten Vergletscherung, ebenda, Heft 37, 1908. Zur Geologie des Untersees. Jahresber. des Oberrhein. Geolog.-Vereines N. F., Bd. 2, Heft 1, 1912.

nennenswerten Bodenbewegungen an den Ufern des Sees vorgekommen seien, doch hat *C. Regelmann*[1]) mit Recht auf die Tatsache hingewiesen, daß noch nach der Diluvialzeit der Boden des südlichen Ufergeländes sich stärker gesenkt hat als der Wasserspiegel des Sees.

Anläßlich eines Präzisionsnivellements, welches das Eidg. Topogr. Bur. in den Jahren 1894 und 1895 zwischen Rheinegg, Bregenz und Lindau ausführen ließ, zeigte sich, daß sämtliche alte Höhenmarken von 1869 Senkungen erlitten hatten, deren Maximum im Hafen von Bregenz auf 0·1 *m* anstieg. Für die Stadt Bregenz wurde im Jahre 1906 ein neues Präzisionsnivellement im Anschluß an die schweizerischen Festpunkte ausgeführt und hierbei weitere bedeutende Senkungen — bis zu 102 *mm* — gegen den Stand des Jahres 1895 gefunden. Neben einer Schollenverschiebung in der Tiefe der Seeachse und der Erdbebenherdlinie Dornbirn —Ludwigshafen wird nach *Regelmann* das Bodenseebecken noch von der Thurgauer Muldenlinie Frauenfeld—Konstanz Ravensburg durchschnitten, infolgedessen der Pegelnullpunkt bei Konstanz von 1817 bis 1864 um 154 *mm*, von 1864 bis 1874 um 68 *mm*, endlich von 1874 bis 1890 um 95 *mm* gefallen ist. Daß diese Senkung nicht nur stetig, sondern bei größeren Erdbeben auch ruckweise erfolgt, hat man gelegentlich des letzten Erdbebens von 1911 deutlich beobachten können. Die bisherigen Beobachtungen hierüber[2]) beziehen sich allerdings besonders auf Veränderungen im Untersee, doch sind solche auch im Überlingersee bei Münsterlingen, Ludwigshafen und Süpplingen beobachtet worden. Das Resultat im ganzen ist, daß die Seehalde auf einer Strecke von 10 *km* linksufrig mit einem Gesamtbetrag von ca. $^1/_2$ *km*, rechtsufrig auf 6 *km* ca. $1^1/_2$ *km* deformiert worden ist, im ganzen mag etwa 9000 m^3 Krustenmaterial bewegt worden sein. *Regelmann* glaubt, daß das sogenannte Seeschießen (Mistpöffers) auch auf solche Krustenbewegungen zurückzuführen ist und verweist auf das bekannte „Hörnlimannloch", das 4·2 *km* südlich von Langenargen und 7·3 *km* westlich vom Rheinspitz etwa 13 *m* in seine Umgebung eingetieft ist. An dieser Stelle wurde am 3. August 1831 beobachtet, wie eine Wassersäule unter gewaltigem Getöse haushoch in die Luft getrieben wurde.

Wir gehen nunmehr zur Betrachtung einzelner wichtiger Arbeiten auf dem Gebiete alpiner Seenforschung über. Auf Blatt VI—VII des noch nicht im Buchhandel erschienenen Atlante dei laghi italiani (siehe S. 23) hat *G. de Agostini* eine ausgezeichnete Tiefenkarte des Comersees gegeben, in welcher sich die Tiefenlinien im Abstand von je 25 *m*, die Höhenlinien auf dem Lande von je 50 *m* folgen. Die Karte, das Resultat von über 5000 Lotungen, welche *Agostini* vor mehr als 15 Jahren unternahm, zeigt, daß die Bodenkonfiguration recht verwickelt ist im Vergleich z. B. zu dem

[1]) Neuzeitliche Schollenverschiebungen der Erdkruste im Bodenseegebiet. Bericht über die 40. Vers. d. Oberrhein. Geol.-Ver. zu Lindau. 1907.

[2]) *M. Schmidt*, Beobachtungen über das Erdbeben am 16. Nov. 1911 in Konstanz. Jahresber. d. Oberrhein. Geol.-Ver. N. F., Bd. 2, 1912 und *Rütschi*, Vorläuf. Mitteil. über Veränderungen des Bodenseebeckens durch das Erdbeben vom 16. Nov. 1911. Ebenda.

einfach gestalteten Becken des Lago Maggiore. Das tiefste Becken treffen wir im Comoarm, wo die beiden tiefsten Stellen von 410 *m* an zwei 2 *km* voneinander entfernten Punkten gefunden wurden; es endigt etwas südlich von Bellagio und wird von einem zweiten tief in den Leccoarm hineinreichenden Becken mit einer Maximaltiefe von 286 *m* durch einen Rücken geschieden, der sich etwa 150 *m* über letzteres erhebt. Durch eine schwache Erhebung von 20 *m* von ihm geschieden befindet sich nördlich von der Enge bei Dervio-Rezzonico ein drittes isoliertes Becken im Colicoarm mit einer Maximaltiefe von 210 *m*. Die Kompliziertheit des Beckens hängt ohne Zweifel mit einer durch lange Zeiträume sich erstreckenden Verwerfung zusammen, welche den Comersee, so wie wir ihn jetzt sehen, nach und nach entstehen ließ. *Stegagno*[1]) hat die kleinen Seen südlich vom Gardasee, die sämtlich durch eine ehemalige Vergletscherung dieses Gebietes entstanden sind, morphologisch untersucht. Der größte von ihnen ist der westlich von Peschiera gelegene lago del Frassino mit 30 *ha* Fläche und 15·2 *m* größter Tiefe, der nächstgrößte, der 17 *ha* große lago Lavagnone, wird nur 1 *m* tief, dagegen erreicht der nicht ganz 1 *ha* große lago di Sovenigo eine Tiefe von 8 *m*. Interessant sind die Ergebnisse seiner Berechnung des Volumens des Moränenamphitheaters, welches, seine mittlere Höhe zu 75 *m* angenommen, eine Gesteinsmasse von 50.201 km^3, d. h. nur wenig mehr als das Volumen des Gardasees, faßt. Eine historische Untersuchung von *V. Bellio*[2]) zeigt, daß etwa seit dem Jahre 1200 eine Anzahl von Seen und Sümpfen an der Nord- und Südseite der südlich von Vicenza sich erhebenden Colli Berici verschwunden sind, aber nicht etwa infolge verminderter Niederschläge, sondern lediglich durch die kultivierende Tätigkeit des Menschen. Klimatische Änderungen dieser Gegend können also daraus nicht abgeleitet werden.

Salmojraghi[3]), dem wir bereits mehrere grundlegende Arbeiten über den Iseosee verdanken, hat ausführlich über die allgemeinen und morphologischen Ursachen des großen Ufereinsturzes bei Tavernola, der am 3. bis 4. März 1906 erfolgte, berichtet.

Musoni[4]) hat von dem unweit des linken Ufers des Tagliamento gelegenen lago di S. Daniele del Friuli eine Tiefenkarte in 1 : 5000 entworfen. Der nur 9 *m* tiefe See gehört zum Amphitheater der Moränen des Tagliamento, das durch den ehemaligen karnischen Gletscher entstanden ist. Auch er ist im raschen Erlöschen begriffen, denn nach der Karte des istituto topografico militare in 1 : 86.400, welche im ersten Viertel des 19. Jahrhunderts aufgenommen und 1833 veröffentlicht wurde, beträgt

[1]) I laghi intermorenici dell' anfiteatro benacense, laghi, stagni e paludi. Mem. Soc. Geogr. Ital., 1905, Bd. XII. Rom 1907.

[2]) Limnologia medioevale delle regioni dei colli Berici. Scritti di Geogr. e Storia della Geogr. pubblicati in onore di G. dalla Vedova. Firenze 1908.

[3]) L'avallamento di Tavernola. Atti Soc. Ital. di scienze nat., Vol. 46. Milano 1907.

[4]) Il lago di San Daniele. Studio limnologico. Mondo sotterraneo. Anno II/III. Udine 1907.

sein Areal noch 33·75 *ha*, während *Musoni* ihm nur 25·4 *ha* gibt. Übrigens besitzt er ein kleines bis 10 *m* Tiefe reichendes entonnoir. Im Valmareno (alto Trevisano) hat *Toniolo*[1]) zwei kleinere Moränenstauseen, den lago di S. Maria und den lago di Lago ausgelotet (Tiefen 9·2 bzw. 12·2 *m*) und Tiefenkarten in 1 : 4000 gezeichnet.

Die sogenannten Lapisinischen Seen, der lago Santa Croce und der lago Morto in der Provinz Belluno, in einem Seitental des Piave gelegen, haben schon früher den Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen gebildet. *Futterer*[2]) trat einst für den tektonischen Ursprung dieser Seen ein und verlegte ihre Entstehung in die Postglazialzeit. Derselben Ansicht war schon früher *Beyrich*[3]), der von einer großen Verwerfung sprach, die dem lago di Santa Croce parallel laufen sollte; *Futterer* sprach außerdem von Tiefen bis zu 800—900 *m*. Schon *O. Marinelli*[4]) hat diese letzte Angabe durch seine Lotungen widerlegt und als größte Tiefe des lago di Santa Croce 34 *m*, des lago Morto 51 *m* gefunden und *G. Boehm*[5]) hat von Verwerfungen nichts entdecken können und spricht sich für eine glaziale Entstehung beider Seen aus, an der auch die späteren Beobachter entschieden festhalten. Beide Seen sind, wie das ganze Tal des Rai, durch die Schotter, welche in postglazialer Zeit im Piavetal abgesetzt wurden, abgedämmt und wenigstens der See von Santa Croce konnte sich nur deswegen erhalten, weil er abseits des großen Gletscherstromes lag, als dieser sein Bett aufschüttete (*Penck*, Alpen, Eiszeitalter, Bd. III. S. 987).

Marinellis an Zahl nicht genügende Lotungen haben fast gleichzeitig *G. Zaniol*[6]) und *G. Magrini*[7]) ergänzt, jener im Juli 1904 und 1905 (beziehen sich nur auf lago di Santa Croce), dieser im Oktober 1904 (beziehen sich auf beide Seen). Beide fanden im zuerst genannten See nahezu die gleiche Maximaltiefe (34·8 bzw. 35·35 *m*), ersterer hat 312, letzterer 348 Lotungen gemacht. Die Tiefenkarten beider Autoren (1 : 25.000) zeigen indes gewisse Abweichungen voneinander (siehe Fig. 1), mir scheint diejenige von *Zaniol* lebensvoller zu sein; *Magrini* hat zahlreiche Profile seiner Karte hinzugefügt. Entsprechend den Unterschieden der Tiefenkarten weichen auch die gefundenen morphometrischen Werte etwas voneinander ab: *Zaniol* findet als Volumen rund 100 Mill. Kubikmeter, *Magrini* rund 109 Mill., ersterer als mittlere Tiefe 19·75 *m*, letzterer 23·3 *m*. Die Unter-

[1]) Alcune ricerche sui laghi di Revine. Riv. Geogr. Ital., XII. Roma 1905.

[2]) Die Entstehung der Lapisinischen Seen. Zeitschr. d. Deutschen Geol. Ges., 1892. S. 124 f.

[3]) Ibid., Bd. 30. 1878. S. 533.

[4]) Osservazioni batometriche e fisiche eseguite in alcuni laghi del Veneto nel 1897. Atti R. Istituto Veneto di scienze, lettere ed arti. Vol. VI, Serie VII. 1894/95.

[5]) Geologische Beobachtungen am lago di Santa Croce. Zeitschr. d. Deutschen Geol. Ges., Bd. 50. 1898.

[6]) Studi sul lago di Santa Croce (Belluno). Mondo sotterraneo, anno II III. Udine 1907.

[7]) Contributo allo studio dei laghi Lapisini. Mem. Soc. Geogr. Ital., Vol. XII. 1905.

schiede beruhen zum Teil aber auch auf den verschiedenen Arealzahlen des Sees, für welche *Zaniol* 508 *ha*, *Magrini* nur 470 *ha* annimmt.

Fig. 1.

Tiefenkarte des Lago di S. Croce in 1 : 25.000.
Die schwarz gezeichneten Linien geben den Umriß und die Tiefenlinien bei *Zaniol*, die rot gezeichneten bei *Magrini* an.

Zaniol betont, daß der See durch Alluvionen, welche die Gießbäche des Flußsystems des Alpago von den Bergen heruntergeführt haben, ziem-

lich schnell an Ausdehnung und Tiefe verliert. Da das Einzugsgebiet des Sees zum größeren Teil aus durchlässigem Material besteht [1]), so wird er in der Hauptsache durch Quellen an seinem Grunde gespeist, die namentlich in seinem nördlichen Teil zahlreich auftreten. Der jetzt bestehende Abfluß, der Rai, ist ein 7·2 *km* langer Kanal, der teilweise künstlich reguliert ist; vermutlich besitzt der See auch unterirdische Verbindung mit dem lago Morto. Sehr genau ist sein Wasserhaushalt besonders durch *Magrini* [2]) studiert worden. Der Niederschlagsverlust durch Verdunstung und Vegetationsverbrauch beträgt nach ihm nur etwa 6%, während er z. B. beim lago Maggiore sich auf 10—11% stellt. Der ungewöhnlich niedrige Prozentsatz läßt sich nur durch unterirdische Zuflüsse erklären, deren Betrag sich nicht ermitteln läßt und die ihren Ursprung außerhalb des oberflächlichen Einzugsgebietes nehmen. Beim lago Morto scheint das Verhältnis ein normales zu sein, er ist abflußlos. Von diesem See hat *Magrini* eine Tiefenkarte in 1 : 10.000 entworfen, welche einen sehr wesentlichen Fortschritt gegenüber der Karte des Sees bei *Marinelli* bedeutet. Als größte Tiefe fand *Magrini* 55 *m* (*Marinelli* nur 51 *m*); die mittlere Tiefe berechnete ersterer zu 31·5 *m*, letzterer nur zu 29·1 *m*, dementsprechend sind auch die Angaben über die Volumina beider Seen verschieden. Es verdient hervorgehoben zu werden, daß die Spiegel beider Seen auf die italienische Landesaufnahme eingepeilt sind, so daß Zu- und Abnahme ihrer Wasserstände sehr genau kontrolliert werden können. Auch ist durch Aufstellung neuer Regenmesser im Einzugsgebiet der Seen, Geschwindigkeitsmesser des Ausflusses usw. reichlich gesorgt, so daß das schwierige Problem: Wie verhält sich in einem beschränkten Gebiet Niederschlag und Abfluß zueinander? an dieser Stelle vielleicht seiner Lösung erheblich nahe gebracht werden kann.

Als einen Moränenstausee stellt *Bianchi* [3]) den nur 22 *ha* großen, aber bis 43 *m* tiefen lago Deglio unweit des Ostufers des lago Maggiore auf, wiewohl auch Wirkungen eines früheren Bergsturzes nicht ganz von der Hand zu weisen sind. Dagegen gehört der kleine (72 *ha*) lago di Cò di lago im Val Ossola [4]), der eine Maximaltiefe von 19 *m* besitzt, in die Kategorie der durch Gletschertätigkeit ausgehöhlten Zirkusseen (Felsseen).

[1]) *A. R. Toniolo*, Carta delle permeabilità delle roccie del bacino d'Alpago. Pubbl. 10 dell' Ufficio Idrog. del Magistrato alle Acque. Venezia 1910.

[2]) Sulle variazioni di livello dei laghi Lapisini. Nota preliminare. Atti R. Istituto Veneto di scienze, lettere ed arti, Vol. 67, Teil II. Venezia 1908.

[3]) Ricerche su un laghetto alpino (il lago Deglio). Riv. Geogr. Ital., 1906, XIII, 4.

[4]) *Paolo Revelli*, Il lago di Cò di lago (Ossola). Riv. Geogr. Ital., 1908, XV, 4; cf. *C. de Stefani*, sulla possibilità geologica di un solido sbarramento per sopraelevare sensibilmente il pelo d'acqua del L. di Codelago. Unione tipografico editrice Torinese o. J. mit einer geologischen Karte in 1 : 10.000.

Andere Zirkusseen desselben Gebietes schildert *O. Marinelli*[1]), von denen der 37 *ha* große und bis 31 *m* tiefe Kastelsee der bedeutendste ist. Seine sehr unregelmäßige Bodenkonfiguration, die übrigens, wie *Marinelli* selbst bemerkt, bis jetzt nur sehr mangelhaft bekannt ist, schreibt *Marinelli* Alluvionen zu, die die ursprüngliche Form des Beckens bereits stark verändert haben.

Carlo Errera[2]) zeigt in einem historischen Abriß, daß der Comersee und der nördlich von ihm liegende lago di Mezzola, die ohne allen Zweifel früher einen See bildeten, aber durch die Anschwemmungen der Mera nach und nach getrennt wurden, schon bereits im 12. Jahrh. n. Chr. durch einen so breiten Landstreifen getrennt waren, daß im Volk niemand mehr an ihre frühere Vereinigung dachte.

Vittorio Largaiolli[3]), der sich mit der Physik und Biologie des Katavotrensees Cepich in Istrien beschäftigt, wiederholt in bezug auf seine hydrographischen Verhältnisse und Entstehungsursachen lediglich bereits von anderen Autoren Vorgebrachtes. Der nur $^1/_2$ *km*^{2} große und wenig über 3 *m* tiefe lago di Fimon in der colli Berici südlich von Vicenza verdankt nach *Revelli*[4]), dem auch *Fabiani*[5]) beistimmt, seine Entstehung den Alluvionen der alten Flußbette im Gebiete der colli Berici; daß er früher einen größeren Umfang besessen hat, ist noch deutlich sichtbar, ebenso ist aber zu erkennen, daß sein Schicksal schon in absehbarer Zeit besiegelt ist.

Die Lunzer Seen, welche südwestlich vom Ötscher in den niederösterreichischen Kalkalpen im Gebiet der Ybbs liegen, sind der Gegenstand mehrerer wichtiger Arbeiten von *Götzinger*[6]) gewesen, welcher dieselben nach verschiedenen Gesichtspunkten sehr eingehend behandelt hat. Der Grund hierfür liegt zum Teil darin, daß an ihnen im Jahre 1906 die erste alpine biologische Station in Lunz errichtet wurde, welche auch die

---

[1]) Osservazione morfologiche nell' alta Ossola. Scritti di geogr. e di storia della geogr., pubblicati in onore di G. dalla Vedova. Firenze 1908.

[2]) Sulla separazione del lago di Mezzola dal Lario. Boll. Soc. Geogr. Ital., 1905, II.

[3]) Notizie fisiche e biologiche sul lago di Cepich in Istria. Progr. del Ginnasio Reale in Pisino. Parenzo 1904.

[4]) Un nuovo scandaglio del lago di Fimon (Berici). Riv. Geogr. Ital., XVII, fasc. 2. Firenze 1910.

[5]) La regione dei Berici. Pubbl. 28/29 dell' Ufficio Idrogr. del Magistrato alle Acque. Venezia 1911.

[6]) Die Lunzer Seen. Mitt. Geogr. Ges. Wien, 1909, Heft 6; idem: Der Lunzer Mittersee, ein Grundwassersee in den niederösterreichischen Kalkalpen. Intern. Rev. f. d. ges. Hydrobiologie und Hydrographie, Bd. I. Leipzig 1908; idem: Die Sedimentierung der Lunzer Seen. Verh. der k. k. geol. Reichsanstalt, 1911, Nr. 8; idem: Geomorphologie der Lunzer Seen und ihres Gebietes. Supplementheft zur Intern. Revue der ges. Hydrobiologie und Hydrographie. Leipzig 1912. Dieser Aufsatz bildet nur den Anfang einer Monographie der Lunzer Seen vom Verfasser, welche die eingehendste zu werden verspricht, welche jemals von einem kleinen See geschrieben wurde.

geographischen und hydrographischen Grundlagen ihrer Studien schaffen wollte. Von den 3 staffelförmig im Seebachtal angeordneten Seen hat der Obersee eine Höhe von 1113 *m*, ein Areal von 8 *ha* und eine Tiefe von 15 *m* bei Niederwasserstand, der Mittersee eine Höhe von 763 *m*, ein Areal von 25 *ha* und eine Tiefe von 2—3 *m*, je nach dem Wasserstand, der Untersee eine Höhe von 608 *m*, ein Areal von 68 *ha* und eine größte Tiefe von 34 *m*, auf Niederwasserstand bezogen. Ihre Entstehung verdanken sie der diluvialen Vergletscherung des Dürrensteins, welcher eine seiner Gletscherzungen auch in das Seebachtal entsandte, in welchem eine gewaltige Übertiefung entstand, der die Seen teils direkt (Ober- und Untersee), teils indirekt (Mittersee) ihre Entstehung verdanken. Letzterer ist ein typischer Grundwassersee, welcher hauptsächlich vom Grundwasser des Seebaches gespeist wird, der sich oberhalb in den Alluvionen verliert. Die beiden anderen Seen sind typische Felswannen ohne Anstauung durch Endmoränen, alle drei stellen geologisch sehr junge Bildungen dar, welche erst in der Postglazialzeit entstanden sind. Ein besonderes Interesse flößen die Untersuchungen von *Götzinger* über die Bodensedimente des Unter- und Obersees ein, welche mehrere Jahre in Anspruch nahmen und wobei Bodenproben der Seen durch ein von ihm ersonnenes neues limnologisches Gerät an die Oberfläche befördert wurden. Im Untersee setzte sich die Schlammfacies der Bodensedimente ohne Einschaltung einer eigentlichen Sandfacies direkt von der Schotterfacies ab. Die Schlammablagerung auf der Seehalde, die *Götzinger* durch eine Reihe von Profilen scharf charakterisiert, stammte teils von der Uferbank, teils, wie bei der Schweb, von der allgemeinen Trübung des Seewassers. Die Analyse des Schlammes ergab, daß er reich an Kalk und Al_2O_3 ist, während die Schlammsedimente des Obersees, die sich flockig und braunrot auf den Uferbänken, zähe und ziegelrot auf der Schweb, abgelagert hatten, sich reich an SiO_2 und F_2O_3 erwiesen und ein viel feineres Korn besaßen als die des Untersees (98·2% war kleiner als 0·1 *mm* im Durchmesser). Über die Mengen der an verschiedenen Stellen und zu verschiedenen Zeiten gesammelten Bodensedimente wird S. 49 berichtet werden. Außer einer Tiefenkarte des Obersees in 1:1500, des Mittersees in 1:1000 und des Untersees in 1:3000 hat *Götzinger* von letzterem See auch eine Bodenfacieskarte in 1:6000 entworfen, meines Wissens die erste, die überhaupt von einem See existiert.

Auch der Faistenauer Hintersee bei Salzburg ist, wie die Untersuchungen von *Micoletzky*[1]) gezeigt haben, ein Grundwassersee; da er keine regelmäßigen Zuflüsse besitzt, kann er als der Rest der Wassermengen angesehen werden, welche durch die Schotter des einst im Brunnauer Tale sich erstreckenden Gletschers angestaut wurden. Die Tiefenverhältnisse des jetzt etwa 82 *ha* großen Sees hat schon *Fugger*[2]) festgestellt, Nachmessungen von *Micoletzky* ergaben ihre Richtigkeit bis auf die Ge-

[1]) Zur Kenntnis des Faistenauer Hintersees bei Salzburg. Intern. Revue für die ges. Hydrobiologie u. Hydrographie, Bd. III, 1910—1911.

gend, wo die Taugl bei höheren Niederschlägen in ihn einmündet: hier hat sich nämlich eine mächtige Schotterbank angesammelt und infolgedessen ein besonderer kleiner See, der Hirschpointteich, gebildet, der in der Karte bei *Fugger* noch als Bucht nördlich vom Tauglzipf figuriert. Es ist bemerkenswert, daß die Emanzipation dieses Beckens von seinem Mutterwasser sich außerordentlich schnell (innerhalb 4—6 Jahren) vollzogen hat.

Von den über 60 Hochseen, die sich in den zahlreichen Karen der Kreuzeckgruppe in den Tauern befinden, hat *Polscher*[1]) die 20 größten aufgenommen, ausgelotet und die Resultate in Kartenskizzen 1:2500 dargestellt, sie sind teils Eintiefungs-, teils Abdämmungsbecken. Die Kare gehören teils dem Daun-, teils dem Gschnitzstadium an. Die größten Seen sind der Glanzsee (2·58 *ha*) und der Gipersee (2·67 *ha*); der tiefste ist der Einzigersee (8·45 *m*), der aber nur 0·7 *ha* groß ist. Sie liegen sämtlich in einer Meereshöhe von 2000 bis 2400 *m*.

Dr. *Endrös* hatte gelegentlich seiner Seichesuntersuchungen an den Seen des Salzkammerguts im Juli 1906[2]) die Ansicht geäußert, daß im Mondsee, wo die Zahl der Lotungen *Simonys* nur gering war (8 auf 1 km^2), größere Tiefen existieren müßten, als sie *Simony* gefunden hatte. Ref. hat im Juli 1909 in der Gegend des Sees, welche man als die tiefste annehmen kann, neue Lotungen gemacht[3]), welche gezeigt haben, daß *Simonys* Lotungen richtig sind, daß der Untergrund des Sees in der Gegend seiner größten Tiefen wenig Unebenheiten aufweist und daß eine größere Tiefe als die von *Simony* gefundene (68·5 *m*) sehr wahrscheinlich nicht existiert. Prof. *Eberhard Fugger* in Salzburg hat seinen früheren Aufnahmen in den Seen Salzburgs noch ein 8. Heft hinzugefügt[4]), in dem eine Reihe kleinerer Karseen behandelt wird; der bei weitem größte von ihnen ist der Tappenkarsee, der 24 *ha* groß und etwa 48 *m* tief wird. Die übrigen Seen sind erheblich kleiner und flacher.

Die Seen des unteren Inntales in der Umgebung von Rattenberg und Kufstein hat *Müllner*[5]) in bezug auf ihre morphologischen und geologischen Verhältnisse näher untersucht. Selbstverständlich verdanken sie alle der Eiszeit ihre Entstehung, doch spricht sich Verfasser nicht näher darüber aus, in welche Zeit er sie versetzt. Der Längssee, Eglsee und der Pfrillsee sind Karstwannen, der Hechtensee, der tiefste von ihnen (56·5 *m*), ist ein Kesselbecken, der Hintersteinersee ein in Kalkgestein eingesenktes Felsbecken, der Walchsee trotz seiner 21 *m* Tiefe eine sehr flache Abdämmungswanne.

---

[1]) Die Hochseen der Kreuzeckgruppe. Mit 4 Tafeln und 20 Abbildungen. Geogr. Jahresbericht für Österreich (8). Wien 1910.

[2]) Seichésbeobachtungen an den größeren Seen des Salzkammergutes. P. M., 1906, Heft XI.

[3]) *Halbfaß*, Die Tiefe des Mondsees im Salzkammergut. P. M., 1909, H. XII.

[4]) Salzburgs Seen. VIII. Mitt. d. Ges. f. d. Landeskunde Salzburgs.

[5]) Ferdinandeums-Zeitschrift, III. Folge, 49. Heft. Innsbruck 1905.

Von den Seen in Südtirol haben nur die beiden Montiggler Seen in neuerer Zeit eine Bearbeitung gefunden[1]), hauptsächlich allerdings in biologischer Beziehung; beide Seen von 12 bzw. 15 *m* Maximaltiefe faßt *Huber* als Reste von Flußkolken im Fels auf, welche in der Glazialzeit wesentlich ihre jetzige Tiefe erreichten.

Die Geschichte des Alleghesees, welcher bekanntlich einem Bergsturz im Jahre 1771 seine Entstehung verdankt, hat *Karl Schmid*[2]) geschrieben; er unterscheidet die beiden Katastrophen vom 11. Januar und 1. Mai jenes Jahres. Die Arbeit, welche im übrigen wesentlich beschreibender Natur ist, benutzt eine reiche Lokalliteratur und Aktenmaterial.

Im westlichen Tirol hat *Halbfaß* einige Seen im oberen Lechgebiet untersucht und Tiefenkarten im Maßstab 1:5000 veröffentlicht[3]): es sind dies der Spullerssee, der Zürschersee und der Formarinsee: der zuletzt genannte ist ein typischer Zirkuskarsee von 28 *m* Tiefe, in welchem die tiefste Stelle nahezu in der Mitte liegt.

Von den Seen im St. Gotthardstock hat *Garwood*[4]) eine Anzahl ausgelotet, mittelst einer Vorrichtung, welche er in der Proc. of the Roy. Soc. A., Vol. 81, London 1908 beschrieben hat. Die echten Felsbecken Ritom, Tom, Cadagno und Tremorgio verdanken nach ihm ihre Existenz der Auslaugung der kalkhaltigen Schichten, deren Grenze mit Gneis oder Schiefer nicht in der Gegend ihrer größten Tiefe liegt, man kann sie daher als Einsturzseen unter Mitwirkung tektonischer Verhältnisse bezeichnen. Auch bei den Seen Scuro, Taneda, Lucendro, Sella, die gleichfalls echte Felsbecken sind, kommt die Wirkung langsamer Verwitterung in Betracht, dagegen sind die übrigen Seen im Becken des Ticino, welche *Garwood* nur flüchtig besucht hat, keine Felsbecken, sondern durch loses Material angestaut, welches teils von den Felsen in situ herrühren mag, teils aus Moränenschutt besteht. Von dem lago Tremorgio konnte *Garwood* keine Tiefenkarte entwerfen, weil seine Lotungsmethode hier auf unüberwindliche Schwierigkeiten zu stoßen scheint, er glaubt, daß er mindestens eine Tiefe von 80 *m*, vielleicht aber noch bedeutend mehr erreicht. Was die Tiefenkarten von *Garwoods* ausgeloteten Seen anlangt, so stimmen sie nicht immer mit den Ergebnissen der Lotungen von *Delebecque*[5]) über-

[1]) *G. Huber*, Monographische Studien im Gebiet der Montiggler Seen (Südtirol) mit besonderer Berücksichtigung ihrer Biologie. Züricher Inaug.-Diss. Stuttgart 1905.

[2]) Die Entstehung des Alleghe-Sees in den Dolomiten. Würzburger Inaug.-Diss. Kempten 1906.

[3]) *Halbfaß*, Beiträge zur Kenntnis der Seen der Lechtaler Alpen. Globus, Bd. 83, Nr. 2, 1903.

[4]) The tarns of the Canton Ticino. Quart. Journal of the Geol. Soc., Bd. 62, Heft 2, Nr. 246. London 1906.

[5]) Sur les lacs du Grimsel et du massif du Saint-Gothard. C. R. des séances de l'acad. franç. Paris, 28 nov. 1904; idem: Sur l'origine de quelques lacs des Pyrénées. Comparaison avec les lacs de la région du Saint-Gothard et du Titlis. Bassins rocheux ou barrage erratique?

ein, welcher die meisten von ihnen ein Jahr vorher besucht hatte. Differenzen rühren vielleicht von den verschiedenen Lotungsmethoden her, welche sie benutzten, wahrscheinlich aber von der ungleichen Anzahl der geloteten Punkte. *Delebecque* gibt für den Ritomsee als größte Tiefe 44·6 *m* (ohne Tiefenkarte), *Garwood* 163 feet = 49·7 *m* (Tiefenkarte in 1:42.240). Nach der vom Eidgenöss. Hydrometr. Bureau der Schweiz herausgegebenen Tiefenkarte in 1:5000 ist die größte Tiefe 46·8 *m*, nämlich gleich der Differenz zwischen der Spiegelhöhe des Sees 1831·45 *m* (im Jahre 1907) und dem tiefsten Punkt des Bodens 1784·7 *m*. Diese Karte weicht im einzelnen nicht unerheblich von der *Garwood*schen ab und ist ungleich lebensvoller entsprechend der jedenfalls ungleich größeren Zahl von Lotungen (1942 gegen 276). Gerade an diesem Beispiel läßt sich deutlich übersehen, wie sehr es bei Seen mit komplizierterem Bodenrelief auf die Zahl der Lotungen ankommt. Über die Entstehungsursachen der Seen dieses Gebiets sind *Garwood* und *Delebecque* wesentlich der gleichen Ansicht. Die Seen von Ritom und Cadagno zeichnen sich durch Anomalien in bezug auf die Zusammensetzung und die Temperatur ihres Wassers aus, worauf wir im 3. Teil zurückkommen werden. *Delebecque* hat in derselben Arbeit auch die kleinen Seen des Grimselpasses behandelt, welche eine Tiefe von 18·5 bzw. 12·6 *m* erreichen, sie sind durch Glazialerosion im Fels entstandene Becken und sind eigentlich Ein See, der durch die Straße von Meiringen nach Gletsch künstlich in 2 Seen getrennt worden ist.

Die 3 oberen Seen des Oberengadin, der Silser-, Silvaplaner- und der Campfersee, welche *Heim* für Moränenstauseen anzusehen geneigt war, hält *Delebecque*[1]) für die Reste eines früheren einheitlichen Felsbeckens, das, 12 *km* lang, von der Maloja bis Campfer reichte und erst nachträglich durch die Ablagerungen der Zuflüsse des Inn in 3 Einzelbecken geteilt sei. Tektonische Ursachen fehlen, vielmehr plädiert er für Bildung von Glazialerosion. *Bourcats* von der Schweizer Naturforschenden Gesellschaft mit dem Schäflipreis gekrönte Arbeit „Les lacs alpins suisses, étude chimique et physique", Génève 1906 kommt an dieser Stelle insofern in Betracht, als sie die Maximaltiefe mehrerer von ihm untersuchten Seen, z. B. des Amsoldingen (14·2 *m*), des Engstlensees (51 *m*) und einer Anzahl kleinerer Seen, mitteilt, und neue Resultate über den Zusammenhang der Beschaffenheit des Seewassers mit der chemischen und geognostischen Beschaffenheit des Einzugsgebietes bringt. Das Wasser von Seen, die im Urgebirge liegen, enthält sehr viel weniger Trockenrückstände als dasjenige von Seen im Kalkgebirge, selbst in dem Falle, daß erstere zuflußreich, letztere zuflußarm sind. Dagegen hängt seine Oxydierbarkeit in der Hauptsache von der Beschaffenheit des Sees selbst ab, besonders von seiner absoluten und mittleren Tiefe.

[1]) Sur les lacs de la haute Engadine. C. R. de l'académie des sciences. Paris. 28 décembre 1903.

Eine nach vielen Richtungen hin mustergültige Bearbeitung hat der im Berner Oberland gelegene Öschinensee durch *M. Groll*[1]) erfahren, der von dem im Mittel 116 *ha* großen See auf Grund von 700 sehr gut fixierten Lotungen eine schöne Tiefenkarte in 1 : 5000 entworfen hat. Bei Normalwasserstand ist seine größte Tiefe 56·6 *m*, seine mittlere Tiefe 34·6 *m*, bei Niederwasserstand dagegen nur 41·6 bzw. 29·5 *m*. Der See zeichnet sich nämlich durch enorme Schwankung seines Niveaus aus, die im Mittel jährlich 15 *m* betragen und unter den Schweizer Seen nur noch vom lac des Brenets im Jura annähernd erreicht wird. Die von *Groll* festgesetzten Pegelpunkte sind an das allgemeine schweizerische Nivellement angeschlossen, so daß Nachmessungen der Tiefe des Sees und der Höhe seines Wasserstandes jederzeit leicht vorgenommen werden können. Im Gegensatz zu anderen Hochseen ist seine Uferzone nicht das Resultat etwaiger abradierender Kräfte, sondern lediglich eine unter Wasser gesetzte Landbildung, da die steilen Felswände, welche unmittelbar an die Oberfläche des Sees herantreten, sich ohne Knickung unmittelbar unter dem Wasserspiegel fortsetzen. Auch die Schuttkegel des Nord- und des Ostufers besitzen über und unter dem Wasser denselben Böschungswinkel. Bei Niederwasserstand bietet der See die ausgezeichnete, in Europa kaum wiederkehrende Gelegenheit, Uferzone und Halde eines Sees im trocknen Zustand genau zu studieren. Entstanden ist der Öschinensee durch die Aufstauung des Schuttes von Bergstürzen, deren Abrißgebiet die großen Nischen nördlich von Spitzstein unterhalb des Bibergletschers am Doldenhorn sind: ihre Zeit verlegt *Groll* in die Postglazialzeit.

Der viel gefeierte Klöntaler See hat durch *Heuscher*[2]) eine anziehende Darstellung gefunden, welche die meisten Gebiete seenkundlicher Forschungen berührt. Der gleichfalls durch gewaltige Bergstürze aus dem Glärnisch und der Deyen-Wiggiskette angestaute See hatte einst einen viel größeren Umfang und eine viel größere Tiefe. Geröll und Schutt füllen seinen hinteren Teil immer mehr aus, so daß seine Maximaltiefe (33 *m*) jetzt nicht mehr in der Mitte, sondern im unteren Viertel des Sees liegt. Auch sein Wasserstand schwankt so bedeutend, daß z. B. vom 1. Oktober 1900 bis 1. Oktober 1901 die Amplitude 5·01 *m* und der Unterschied im Wasservolumen die Hälfte des gesamten Seevolumens bei niedrigerem Wasserstand betrug.

Im Gegensatz zum Klöntaler See ist der Ägerisee, über den gleichfalls *Heuscher* eine ansprechende Monographie geschrieben hat[3]), seit der Zeit, da er durch die massenhaften Moränen des Plateaus von Menzingen bei Neuägeri angestaut wurde, fast in seiner heutigen Größe erhalten ge-

[1]) Der Öschinensee im Berner Oberland. Bern 1904.

[2]) Untersuchungen über die biologischen und Fischereiverhältnisse des Klöntaler Sees. Zürich 1903.

[3]) Beiträge zu einer Monographie des Ägerisees mit besonderer Berücksichtigung seiner Fischereiverhältnisse. Beilage zur Schweizerischen Fischereizeitung. Pfäffikon 1906.

blieben, nur an seinem unteren Ende ist durch das Delta des Hüribaches und am oberen Ende durch Vertorfung ein kleiner Teil verschwunden; im übrigen ist sein Verschwinden durch Ablagerungen von seiten der Zuflüsse auf absehbare Zeit nicht zu befürchten. Durch einen Wall am Seegrunde, der sich vom Nashof gegen Teufsetzi hin quer durch den See zieht und sich ca. 20 *m* über die tiefsten Stellen erhebt, wird er in ein kleineres oberes und ein größeres unteres Becken getrennt. Die Wasserstandsschwankungen sind im allgemeinen gering; in den Jahren 1893—1904 betrug die Höchstdifferenz 118 *cm*, also etwa 7% seiner Maximaltiefe.

Die von *Fritz Mühlberg* bearbeitete geologische Karte der Umgebung des Hallwilersees[1]) läßt erkennen, daß sie reich an Diluvialbildungen ist, unter welchen das Tertiär nur an einzelnen Stellen hervortritt. Besonders mächtig sind die Moränen der letzten Vergletscherung.

Die Doktordissertation von *Brutschny*[2]) über den Zugersee kommt nur für Teil III in Betracht, dagegen ist die Dissertation von *Guyer*[3]) über den Greifensee, welcher gleichfalls überwiegend physikalisches und biologisches Interesse bietet, insofern hier von Bedeutung, als sie sich im Gegensatz zu *Penck* in bezug auf die Entstehung dieses Sees mehr auf die Seite von *Heim* und seiner Schüler stellt und in der Gegend zwischen dem Dörfchen Greifensee und der Südecke von Mauerholz 120 neue Lotungen bringt, welche ein genaueres Profil ergeben haben, als es die topographische Karte bisher zuließ. Das linke und rechte Seeufer fallen mit ganz verschiedener Neigung gegen die Sohle des Sees ein, was in den geologischen Verhältnissen seine einfache Begründung findet.

In den Appenzelleralpen wurde in den letzten Jahren zweimal durch Experimente der unterirdische Abfluß von Bergseen festgestellt. Das Wasser des 1200 *m* hoch gelegenen Säntisersees strömt durch die zerklüfteten Kalkfelsen des Hohen Kamors hindurch dem 800 *m* tiefer gelegenen Rheintal durch Vermittlung des Mühlenbaches bei Semwald zu und der im Hochsommer beinahe eingetrocknete Voralpsee bei Grabs speist, wie die sorgfältigen Untersuchungen von Dr. *Hug*[4]) gezeigt haben, eine $2^1/_2$ *km* nordöstlich des Sees gelegene Quelle (Rogghalmquelle), welche selbst zur Zeit ihrer geringsten Mächtigkeit immer noch 35—40 Sekundenliter liefert, um freilich den größten Teil desselben sehr bald wieder an den Boden abzugeben. Da der See schon im Herbst fast völlig trocken ist, der minimale Wasserstand der Quelle aber erst im Januar oder Februar sich zeigt, so ist das Wasser vom See her bis zur Quelle etwa $^1/_4$ Jahr auf der Reise.

[1]) In den Beiträgen zur Geologischen Karte der Schweiz 1 : 25.000. Spezialkarte Nr. 54.

[2]) Monographische Studien am Zugersee. Arch. f. Hydrobiologie u. Planktonkunde. Bd. VII, 1912.

[3]) Beiträge zur Biologie des Greifensees. Ibid. Bd. V, 1910.

[4]) Der Voralpsee bei Grabs. Eine geologisch-hydrologische Studie. Schweizerische Wasserwirtschaft, Nr. 24, 1911.

In Graubünden ist der etwas oberhalb von Ober-Tschappina (1807 *m*) gelegene abflußlose Lüschersee[1]) durch einen $2^1/_2$ *km* langen Kanal in die Schwarze Nolla künstlich entwässert und dadurch gänzlich trocken gelegt worden. Damit sind die unheilvollen Erdschlipfe, denen im Laufe der Jahrhunderte viele Wohnhäuser zum Opfer fielen und deren Ursache unzweifelhaft der See war, endgültig beseitigt worden.

Die Arbeiten von *Tanner-Fullemann*[2]) über den Schönenbodensee und von *Bally*[3]) über den oberen Zürichersee sind geographisch so gut wie belanglos, dagegen bieten die Resultate der Versuche über Schlammablagerungen im Brienzersee, welche im Auftrage der Hydrologischen Kommission der schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft Herr Doktor *Epper*[4]), früher Vorsteher des Eidg. Hydrographischen Bureaus in Bern, unternommen hat, großes Interesse. Die mittlere tägliche Ablagerung betrug in der Zeit vom 22. April 1908 bis 5. Dezember 1908 0·088 *mm*; in der Zeit vom 11. Dezember 1908 bis 4. Mai 1909 0·014 *mm*; in der Zeit vom 4. Mai 1909 bis 19. November 1909 0·092 *mm* und in der Zeit vom 15. November 1909 bis 2. Juni 1910 0·020 *mm*; die Mengen sind also im Winterhalbjahr nur etwa $^1/_5$—$^1/_6$ von demjenigen im Sommerhalbjahr. Der Wassergehalt der beiden ersten Proben war merkwürdigerweise bedeutend geringer als derjenige der beiden letzten, nämlich nur etwa $^1/_5$; ein Grund hierfür ist nicht einzusehen. Die chemische Analyse des bei 110° C getrockneten Schlammes, welche von der schweizerischen agrikulturchemischen Anstalt in Bern vorgenommen wurde, ergab keine wesentlichen Differenzen, nur war der Glühverlust der beiden ersten Proben nicht unerheblich größer als der der beiden letzten. Bei dieser Gelegenheit möge noch auf einige andere Messungen des jährlichen Schlammabsatzes in Seen hingewiesen werden. Die Messungen von *Heim*[5]) am Vierwaldstättersee erstrecken sich leider jeweilig auf ein ganzes Jahr, so daß der jahreszeitliche Einfluß bei den Resultaten nicht zum Vorschein kommen kann. Die absoluten Zahlen differieren ganz außerordentlich, denn während der Absatz nassen Schlammes vom April 1897 bis dahin 1898 im Urnersee eine Höhe von 15 *mm* erreichte, betrug er im gleichen Zeitabschnitt 1902/03 nur 3·5 *mm*, 1901/02 dagegen 82 *mm* (wahrscheinlich in der Hauptsache durch ein einziges Unwetter veranlaßt), im Muottabecken 1897/98 80 *mm*, 1902/03 dagegen nur 5 *mm*.

Im Öschinensee konnte *Groll* (siehe oben) vom 23. August 1901 bis 29. Oktober 1901 0·025 *mm* täglich, vom 23. Mai 1904 bis 28. Oktober

[1]) *Tarnuzzer*, Nollakorrektur und Lüschersee. P. M., 1910. Novemberheft.

[2]) Contribution à l'étude des lacs alpins. B. de l'Herbier Boissier, 2. série, Vol. VII. Genf 1907.

[3]) Der obere Zürichersee. Beiträge zu einer Monographie. Arch. f. Hydrobiologie u. Planktonkunde. Bd. III. Stuttgart 1907. (Züricher Dokt.-Diss.)

[4]) Verh. d. Schweizer. Naturf. Ges., 93. Jahresversamml., Basel 1910, Bd. III und Solothurn 1911, Bd. II.

[5]) Der Schlammabsatz am Grunde des Vierwaldstättersees. Vierteljahrschr. der Naturf. Ges., Zürich 1900, Bd. 45.

1904 10—11 *mm*, täglich also 0·07 *mm*, also erheblich mehr konstatieren. Wohl die ausführlichsten und genauesten Untersuchungen über Schlammabsätze, nämlich die im Lunzer Untersee, verdanken wir *G. Götzinger* (siehe S. 42). Er fand in der Schweb in Seemitte vom 10. September bis 14. Dezember 1909 0·26 *mm*; vom 14. Dezember 1909 bis 2. April 1910 0·32 *mm*, dagegen vom 2. April 1910 bis 3. August 1910 1·14 *mm*. Die Sedimentation im Frühjahr und im Sommer war etwa viermal größer als im Winter, absolut genommen in beiden Jahreszeiten erheblich geringer als im Brienzersee, was bei den geringen Zuflüssen des Lunzersees und seinem kleinen Einzugsgebiet sehr begreiflich ist. Immerhin würde durch die Schlammablagerung allein der See in etwa 18.000 Jahren ausgefüllt sein, wenn man den Betrag von 1 *mm* pro Jahr als Durchschnittswert annimmt. Die Schlammmessungen nahe am Ende dieses Sees beim Seereit, welche gleichzeitig mit den vorhin genannten erfolgten, ergaben einmal (im Winter 1909/10) gleiche, einmal (Herbst 1909) erheblich höhere Werte, können aber nicht mit denjenigen in der Schweb verglichen werden, weil durch eine große Uferbank in der Nähe, an welche die Wellen schlagen, lokale Trübungen hervorgebracht werden, dagegen lieferten die Messungen nahe dem Einfluß schon viermal so viel Schlamm als gleichzeitig über der Schweb, womit, nebenbei bemerkt, auch die Verschiedenheiten in der Sichttiefe beider Stellen sehr gut übereinstimmen.

Am Märjelensee hat Dr. *Epper*[1]) einen neuen Pegel aufgestellt, der von dem jetzigen Seespiegel bis zu der Höhe reicht, auf welche der See, mit Rücksicht auf den gegenwärtigen Stand des großen Aletschgletschers, noch anzusteigen vermag. Der höchste bekannte Seestand (17. Juli 1878) ist 73·55 *m* höher als der niedrigste bekannte Stand, welcher eintrat, als der See vollkommen ausgelaufen war. Das gesamte Material über diesen interessanten See soll im Jahrgang 1909 der „Graphischen Darstellung der schweizerischen hydrometrischen Beobachtungen" veröffentlicht werden. Im untersten Teil des Walensees fanden im Herbst 1910 und im Frühling 1911 Sondierungen statt zur Feststellung des Wachstums des vom Escherkanal im See abgelagerten Deltas. Anschließend wurden an einer gegenüber Mühlehorn gelegenen Stelle Versuche über die Schlammablagerung auf dem Seegrunde ausgeführt.

Über subaquatische Rutschungen im Zuger- und Zürichersee berichtet *R. Heim*.[2]) Sie liegen zwar schon nahezu ein Menschenalter zurück, aber der amtliche Bericht, welchen damals sein Vater abstattete, ist nicht allgemein bekannt geworden. Der Abrutsch am Zugersee bei der Stadt Zug erfolgte am 5. Juli 1887 in Form einer Nische und ergoß sich in einer mittleren Breite von 200—250 *m* und einer Dicke von $^1/_2$—3 *m*, etwas über 1 *km* weit vom Ufer in den See hinaus, wo er eine Tiefe von 45 *m*

[1]) Blatt 41a und 44 der von der Schweiz. Landeshydrographie herausgegebenen graphischen Darstellungen der Pegelstandsbeobachtungen.

[2]) Über rezente und fossile subaquatische Rutschungen und deren lithologische Bedeutung. Neues Jahrb. f. Min., Geol. u. Paläont. für 1908, Bd. II.

besaß. Seine mittlere Böschung betrug daher nur 4·4%, von Tiefenabgründen kann also keine Rede sein. Da nach der Richtung des Landes naturgemäß eine steile Böschung entstanden war, so griff das Ausfließen des Schlammgrundes rasch nach rückwärts. In Horgen am Züricher see war der Abrutsch (September 1875) durch Überlastung in Form von künstlicher Aufschüttung bedingt, erinnert also an den S. 37 erwähnten Absturz bei Tavernola am Iseosee. Unter gleichbleibenden Bedingungen könnten ganze Seen durch periodische Rutschungen vom Rande gegen die Mitte zugeschüttet werden, doch ist mir aus der Literatur bisher kein Fall bekannt geworden.

Von 3 in den Alpen gelegenen Seen, dem Genfersee, dem lac du Bourget und dem Würmsee, hat *Halbfaß* die Wasserstandsschwankungen in den 50 Jahren von 1856 bis 1906 bzw. 1866 bis 1906 mit Rücksicht auf das Verhältnis zu den Niederschlagsmengen im Einzugsgebiet und die *Brückner*sche Klimaperiode untersucht[1]) (s. auch Teil I, S. 5) und ist zu folgendem Resultat gekommen (s. Fig. 2).

Die Aufzeichnungen des Wasserstandes des lac du Bourget in Port-Puer ergaben Maxima in den Jahren 1867, 1883, 1897 und 1902, Minima 1874, 1884 und 1894, ein schwach ausgeprägtes Maximum der Lustrenmittel gegen Ende der 90er Jahre, aber während der ganzen Beobachtungszeit kein ausgeprägtes Minimum. Irgend einen Beweis für die *Brückner*sche Klimaperiode können sie schon deswegen nicht liefern, weil der canal Savières, sein Ausfluß nach der Rhone, ihm zu Zeiten auch als Zufluß dient, je nachdem die Rhone oder der Kanal höheren Wasserstand besitzt. Am Würmsee erhielt er das überraschende Resultat, daß die Maxima Anfang der 60er und der Mitte 90er Jahre, und die Minima Ende der 60er Jahre des vorigen und Anfang dieses Jahrhunderts mit der *Brückner*schen Periode sich in vollem Einklang befinden; *Ules* Beobachtungen[2]), welche damit im Widerspruch stehen, berücksichtigen nicht die Tatsache, daß zwischen den Jahren 1875/80 der Pegel im Ausfluß des Sees um 22 *cm* tiefer gesetzt worden ist. Da das Einzugsgebiet des Sees relativ klein und nach seiner Bodenbeschaffenheit und Terrainlage sehr gleichmäßig ist, die Zuflüsse sehr unbedeutend sind, der See also ganz überwiegend durch atmosphärische Niederschläge gespeist wird, deren jährliche Amplitude nur eine mäßige ist, so darf es nicht wundernehmen, daß die Schwankungen seines Wasserstandes Klimaänderungen gut widerspiegeln. Dazu kommt noch der günstige Umstand, daß er in seiner Umgebung so eingesenkt ist, daß einerseits den Winden noch hinreichend Gelegenheit gegeben wird, das Oberflächenwasser bis zu einer mäßigen Tiefe aufzulockern, andrerseits die Ufer einen gewissen Schutz gegen Stürme gewähren, welche seine Fluten bis in eine größere Tiefe aufwühlen könnten. Durch diese Verhältnisse wird eine gewisse Gleichmäßigkeit in

[1]) Klimatologische Probleme im Lichte moderner Seenforschung. Teil II. Progr. des Gym. zu Neuhaldensleben, 1908. Mit 4 Blättern graphischer Darstellungen.

[2]) *Ule*, Der Würmsee. Leipzig 1901, S. 197.

seiner Verdunstung herbeigeführt, ein Moment, das für die Exaktheit der Periode einer Klimaschwankung von großem Einfluß ist.

Beim Genfer See liegen die Verhältnisse weit ungünstiger, schon aus dem Grunde, weil er durch die Korrektionen der Rhone bei ihrem Ausfluß aus dem See kein natürliches Wasserbecken mehr ist. Der Abstand 1842—1877 der ausgeglichenen Hochwasserstände entspricht allerdings genau der *Brückner*schen Periode, aber der nächste Hochwasserstand im Jahre 1910 bzw. 1912 hat sich bis jetzt noch nicht eingestellt. Die

Fig. 2.

Genfer See. Jahressummen der Niederschläge in Genf; die punktierte Linie gibt das Mittel aus den Niederschlägen in Genf und Montreux bzw. Territet an.

Mittel der höchsten Jahreswasserstände in Sécheron bei Genf.

Mittel der mittleren Jahreswasserstände in Sécheron bei Genf.

Starnberger See. Jahressummen der Niederschläge in München; die punktierte Linie gibt dieselbe für das Mittel der Regenstationen im E. G. des Starnberger Sees an.

Mittel der höchsten Jahreswasserstände in **Starnberg.**

Mittel der mittleren Jahreswasserstände in **Starnberg.**

Jahresmittel d. Temp. in **München.** Das Jahresmittel in Harlaching ist durchschnittlich 1·4° niedriger.

Die roten Linien geben die Lustremittel an.

Minima fanden 1800, 1813, 1834, 1858, 1892 mit einem mittleren Intervall von 23 Jahren statt und schon *Forel*[1]) hat es deutlich ausgesprochen daß seine Wasserstandsschwankungen mit der *Brückner*schen Periode sich durchaus nicht im Einklang befinden. Im letzten Grunde ist es das gewaltige und nach jeder Richtung hin differenzierte Einzugsgebiet, von dem sein Wasserstand abhängt, das ihn als Klimamesser ungeeignet erscheinen läßt.

[1]) De Léman. Vol. I, p. 509. Lausanne 1892.

Brau[1], ein leider sehr früh verstorbener Jünger der Seenkunde, glaubte den Beweis dafür erbracht zu haben, daß der Kochelsee überwiegend tektonischen und nicht glazialen Ursprungs sei. Seine Beweise stützt er auf zahlreiche Falten und Verwerfungen, die er in der Nähe des Sees gefunden haben will, sowie auf das Vorhandensein von Natronquellen, welche in Zusammenhang mit den in den Spalten hervorgedrungenen vulkanischen Bildungen stehen sollen. Ich glaube nicht, daß dieser Beweis ihm geglückt ist, wenn auch gewisse tektonische Vorgänge bei der Vorbildung des Sees mitgewirkt haben mögen. Wertvoller ist seine Arbeit über den Tegernsee[2], die von ihm entworfene Tiefenkarte in 1 : 12.500 zeigt, daß sein Bodenrelief keineswegs so eintönig wannenförmig ist, wie es auf der *Geistbeck*schen Karte erscheint, sondern daß mehrere Unebenheiten im See, welche vielleicht auf eine verschiedene Geschwindigkeit im Rückzug der Moränen zurückzuführen ist, Abwechslung in das Tiefenrelief bringen. Interessant ist auch das Petroleumvorkommen bei Wießee, wo seit der Mitte des 19. Jahrhunderts eine Erdölquelle bekannt gewesen ist, welche unter dem Namen „St. Quirinus-Öl" vom Kloster in Tegernsee finanziell verwertet wurde. Nach *Fink*[3]) entstammt sie den Kieselkalken des Flysch. Auf Veranlassung von Prof. *Öbbecke* in München wurden neuerdings Bohrungen bis zu einer Tiefe von 714 *m* gemacht, welche die reichste Schwefelquelle ergaben, die bis jetzt in Deutschland bekannt ist, sie tritt in periodischen Abschnitten als Sprudel hervor und besitzt eine Temperatur von 23—24° C. Eine gute Darstellung unserer Kenntnisse vom Schliersee, von welchem bisher eine monographische Bearbeitung fehlt, verdanken wir *J. Jäger*[4]), welcher auch die prähistorische Geschichte seiner Umgebung berücksichtigt; in bezug auf seine Entstehung folgt er *Penck*.

Die Topographie des Walchensees wie des Chiemsees liegt noch sehr im argen, da die Tiefenkarten beider Seen bei *Geistbeck* nur sehr summarisch genannt werden können. Eine Neuauslotung wäre sehr wünschenswert und es ist besonders auffallend, daß bei der Projektierung des bekannten Walchenseewerkes keine neueren Lotungen vorgenommen wurden. Bei Gelegenheit des Heraufholens von Grundproben erwähnt *Gebbing*[5]) eine Tiefe von 209 *m*, welche bisher noch keine Bestätigung gefunden hat. Auch *Braus*[6]) Mitteilungen über Tiefen im Königssee, welche eine Tiefe

[1]) Der Kochelsee. Limnologische Studie. Berichte d. Naturw. Ver. zu Regensburg, H. X. München 1906.

[2]) Der Tegernsee. Limnologische Studie. Mitt. d. Geogr. Ges. München, Bd. II, H. 1. 1905. *J. Jaeger*, Der Tegernsee. Globus, Bd. 88, Nr. 23, 1905.

[3]) Der Flysch im Tegernseer Gebiet mit spezieller Berücksichtigung des Erdölvorkommens. Geogr. Jahreshefte, München 1903.

[4]) Der Schliersee. Globus, Bd. 89, Nr. 23, 1907.

[5]) Hydrochemische Untersuchungen des Würm-, Kochel- und Walchensees. Leipziger Inaug.-Diss. Jahresber. d. Geogr. Ges. München 1902.

[6]) Nach einer Zeitungsnotiz in der Augsburger Abendzeitung vom 15. August 1908 soll *Brau* zwischen dem Kesselfall und dem Echo 192 *m*, also 38 *m* mehr gelotet haben, als einst *Simony* an dieser Stelle.

von mehr als 190 *m* angeben, scheinen apokryph zu sein. Eine Monographie des Plansees ist in Bearbeitung begriffen.

Von den kleinen Karseen der deutschen Alpen sind meines Wissens nur die Soiernseen in der Karwendelgruppe durch *März*[1]) einer genaueren Untersuchung unterzogen worden. Der Soiernkessel ist von allen Karen dieses Gebirges der größte (3 km^2), er ist nicht durch Glazialerosionen, sondern durch die Erosion des fließenden Wassers entstanden, während chemische Erosionen die Karwanne im Kampf gegen die Schuttmassen vertieft haben. Von den beiden unteren Seen hat *März* nur den hinteren ausgelotet und 13·1 *m* als größte Tiefe gefunden; die Tiefe des vorderen Sees schätzt er auf 6 *m*. Beide Seen sind ungefähr gleich groß (3·4 *ha*), der vordere Soiernsee ist nur eine häufig gänzlich austrocknende Lacke. *Breu*[2]) zählt die in historischer Zeit erloschenen Seen Bayerns auf und stellt allein in Südbayern 33 Seen fest, welche zum Teil noch auf der hydrographischen Karte Bayerns vom Jahre 1834 vorhanden, zum Teil allerdings schon bei der *Riedel*schen Karte vom Jahre 1807 verschwunden waren. Diese Liste kann schon aus dem Grunde nicht vollständig genannt werden, weil fortwährend durch Menschenhand an der künstlichen Vernichtung bzw. Verkleinerung gearbeitet wird. Außerdem zählt *Breu* noch 27 im Fichtelgebirge und in der Oberpfalz zum Teil erst seit 1834 ausgetrocknete Seen und Teiche auf, zu denen noch in der Umgegend von Bamberg, im Juragebiet, im Maintal und vereinzelt noch in einigen anderen Gegenden Bayerns eine ganze Reihe hinzutreten. *J. Reindl*[3]) zeigt, daß die kleinen Moränenseen zwischen dem Ammer- und Würmsee zum größten Teil einer schnellen Vernichtung entgegen gehen, bis auf den Weßlingersee, in der Nähe des Wörthsees, welcher eine Tiefe von 16 *m* erreicht; er teilt zugleich mit, daß die im Wörthsee befindliche Insel in kurzer Zeit mit dem nahen Ufer verlandet und zur Halbinsel werden wird.

13. Nord- und Mitteldeutschland.

Von den im Deutschen Mittelgebirge gelegenen Seen hat in neuerer Zeit meines Wissens nur der kleine Frickenhäuser See am Südabhang der Langen Rhön durch *Halbfaß*[4]) und *Blanckenhorn*[5]) eine Bearbeitung gefunden. Der nur 11.000 m^2 große See besitzt eine größte Tiefe von 15·3 *m* und die sehr bedeutende mittlere Böschung von 22·5°, er hat ober-

[1]) Der Seenkessel der Soiern, ein Karwendelkar. Leipziger Inaug.-Diss. 1903.

[2]) Neue Seestudien in Bayern. Verh. des XVI. Deutschen Geographentages in Nürnberg. Berlin 1907.

[3]) Sammler Nr. 93. Beiblatt zur Augsburger Abendzeitung, 1910.

[4]) Der Frickenhäuser See in Unterfranken. Globus, Bd. 86, Nr. 16, 1904.

[5]) Bericht über die wissenschaftlichen Ergebnisse der Aufnahmen auf Blatt Ostheim a. d. Rhön in den Jahren 1901 und 1902. Jahrb. d. königl. preuß. Geol. Landesanstalt für 1902, Bd. 23, H. 4. Berlin 1905; idem: Erläuterungen zur geol. Karte von Preußen usw. Lief. 171. Blatt Ostheim a. d. Rhön. Gradabt. 69. Nr. 35. Berlin 1910.

irdisch weder Zu- noch Abfluß, sondern wird, wie ich durch Temperaturmessungen im Tiefenwasser feststellen konnte, in der Hauptsache durch starke Quellen an seinem Boden gespeist. Darauf deutet auch die große bleibende Härte seines Wassers sowie der nicht unbeträchtliche Gehalt an Halogenen hin. Ich hatte damals seine Entstehung auf die gleichen Ursachen wie die der Seen der Vorderrhön (Globus, Bd. 81, Nr. 1) zurückgeführt, nämlich auf Auslaugung der unter dem Muschelkalk bzw. Buntsandstein liegenden Steinsalzlager des Zechsteins. Wie sich jedoch aus der geologischen Aufnahme des Blattes Ostheim durch *Blanckenhorn* ergibt, verdankt er einen lokalen Einsturz an der Vereinigung von 2 NW.—SO.-Spalten, die ihn quer durchziehen, mit einer dritten in SSW.—NNO.-Richtung seine Entstehung, er ist also ein Katavothrensee, gleich dem Kopaissee in Griechenland und anderen Seen (s. die Karte auf S. 8 der 2. Abhandlung von *Blanckenhorn*). Das Volk der Umgegend sucht seine Abflußstelle in der ungewöhnlich wasserreichen Quelle an der Eisenbahn bei Mittelstreu, doch kommt für diese der Abfluß des Sees jedenfalls in einem nur sehr beschränkten Maße in Betracht.

Halbfaß[1]) hat jüngst die im südlichen Teil des Neustädter Kreises des Großherzogtums Sachsen-Weimar dicht gedrängt liegenden Knauer Teiche einer Besichtigung unterzogen und gefunden, daß sie sämtlich künstlichen Ursprungs sind, gemacht, um die namentlich in früherer Zeit sehr bedeutende Nachfrage nach Fischen während der Fastenzeit zu decken. Dagegen hat Dr. *Br. Müller*[2]) nachgewiesen, daß die zahlreichen größeren und kleineren Seebecken im Gebiet des oberen Polenztales in Nordböhmen, von denen der mit einer biologischen Station versehene Hirschberger Großteich der bekannteste ist, keineswegs künstliche Teiche, sondern natürliche Einbruchsseen sind, deren bisher als künstliche Staudämme angesehene Dammgänge mauerförmige, mit einer Sandsteinhülle bekleidete vulkanische Gänge tertiärer Eruptivgesteine sind, welche sämtlich dem Erzgebirgsbruche parallel laufen. Die Seen werden meist unterseeisch gespeist und entgehen dadurch der natürlichen Versandung.

Von den in Norddeutschland vereinzelt liegenden Seen hat neuerdings der Seeburger See[3]) zwischen Bernshausen und Seeburg im Eichsfeld die Aufmerksamkeit dadurch auf sich gelenkt, daß am 19. August 1911 etwa 300 *m* östlich von der Mündung des Auebaches eine 25 *m* lange und 4 *m* breite Insel auftauchte[4]), die in Form einer 7 bis zu 35 *cm* aus dem Wasser hervorragte und in einem nach Norden gerichteten Kamm endigte, welcher eine offene Spalte zeigte. Geh. Bergrat *v. Koenen* aus Göttingen,

[1]) Über die Teiche bei Knau im Neustädter Kreise des Großherzogtums Sachsen-Weimar. Allgem. Fischereizeitung, 1912, Nr. 3.

[2]) Die Entstehung der Seebecken im Gebiete des oberen Polenztales in Nordböhmen. Intern. Revue der ges. Hydrobiologie und Hydrographie. Hydrogr. Supplement, II. Serie, H. 1. Leipzig 1912.

[3]) *Halbfaß*, Der Seeburger See bei Göttingen. Globus, Bd. 75, Nr. 12, 1899.

[4]) Über Land und Meer, Jahrg. 1911.

der sie bald darauf besuchte[1]), fand sie schon stark wieder eingesunken und mit zahlreichen Unio und Anodonta sowie Bithynia bedeckt; er glaubt, daß infolge eines besonders tiefen Wasserstandes im Sommer 1911 die plastische Moorerde des Untergrundes durch Seitendruck an jener Stelle emporgepreßt wurde. Nach einer brieflichen Mitteilung des dortigen Fischermeisters ist übrigens die Insel auch jetzt noch vorhanden, es ist nur die obere Schicht durch die letzten Stürme etwas abgespült worden. Merkwürdig ist, daß nach Aufzeichnung einer Chronik am 18. August 1653 an der gleichen Stelle eine Insel aufgetaucht und nach kurzer Zeit spurlos wieder verschwunden ist. Offenbar haben wir es hier mit einer analogen Erscheinung zu tun, wie sie in der Nacht vom 23. Oktober 1910 im Ögelsee bei Beeskow in der Mark Brandenburg beobachtet wurde. *Potonié,* welcher diese Erscheinung genau studiert hat[2]), ist der Ansicht, daß diese und andere schon früher beobachteten plötzlich entstandenen Inseln durch den Auftrieb der Gase zustande kommen, welche von den Sapropeliten der Seen gebildet werden. Während sie sonst allmählich entweichen, werden sie zuweilen mit einer Sanddecke überzogen, welche, wenn sich Gas genügend angesammelt hat, gesprengt und emporgehoben wird und dadurch als Insel an die Oberfläche kommt. In dem Falle des Ögelsees hängt die Entstehung der Insel damit zusammen, daß der See jetzt infolge eines Durchstichs von der Spree durchflossen wird, welche reichlich Sand hineinführt, während er früher mit dem Fluß nur eine kurze Verbindung besaß.

„Über besondere Erscheinungen und umgestaltende Vorgänge in norddeutschen Binnenseen", welche überwiegend zu ihrer Verlandung führen, hat *A. Jentzsch*[3]) in einem Vortrage in der Deutschen Geol. Gesellschaft aufmerksam gemacht, nämlich auf die Bildung eigenartiger Haken und Nehrungen, welche nicht selten zu einer quer durch den See sich ziehenden Barre sich auswachsen, für welche er den Namen „Seebrücke" vorschlägt. Sie sind, wie z. B. der Kliffhaken der Halbinsel Hela an der Ostsee, das Werk von Driftströmungen, also durch Bewegungen des Wassers, welche durch den Wind veranlaßt werden, erzeugt. Solche Haken können auch da entstehen, wo Moränen, Drumlins oder Asar in einen Binnensee hineinragen. Bei meinen Seenstudien in Hinterpommern habe ich sie z. B. am Zetzinsee, Großen Kämmerersee, Großen Cremminsee, Pielburgersee, besonders schön aber am Großen Lübbesee beobachten können. *Jentzsch* glaubt, daß die Auflösung größerer zusammenhängender Seen in Einzelseen, die wie Glieder einer Kette ineinander gereiht zu sein

[1]) Die Entstehung einer Insel im Seeburger See. Jahrb. d. königl. preuß. Geol. Landesanstalt für 1911, Bd. 32, Teil 1, H. 3.

[2]) Über eine neu entstandene Insel im Ögelsee bei Beeskow in der Provinz Brandenburg. Sitzungsber. d. Ges. Naturforschender Freunde, Nr. 9, Januar 1910. Derselbe, Eine im Ögelsee plötzlich neu entstandene Insel. Jahrb. d. königl. preuß. Geol. Landesanstalt für 1911, Bd. 32, Teil 1, H. 2; cf. Naturw. Wochenschr., N. F. X. Nr. 41.

[3]) Umgestaltende Vorgänge in Binnenseen. Monatsber. d. Deutschen Geol. Ges., 1905, Nr. 11.

pflegen, gerade durch solche Ursachen bewirkt werde, daß Aufstauung durch Moränen oder Erosion erst in zweiter Linie in Frage kommen. Ich bin hierin ganz seiner Meinung, nur vermag ich nicht zuzugeben, daß diese Entstehungsursache auch für die zahlreichen Sölle der baltischen Seenzone passen soll, selbst wenn diese häufig am Ende von Rinnenseen vorkommen, möchte mich vielmehr der Anschauung *Wahnschaffes*[1]) anschließen, welcher sie in der Hauptsache auf die ausstrudelnde Wirkung stark strömender Gletscherschmelzwasser zurückführt, die von der nördlich gelegenen Eiswand mit großem Gefäll herabkamen und das gesamte Vorland stark erodierten. Als Ursache dafür, daß diese oft recht unbedeutenden Eissenkungen sich bis auf den heutigen Tag erhalten haben, führt er die Tatsache an, daß sie vielfach vom Landvolk künstlich erhalten werden, um sie zum Flachsrösten, Viehtränken und Schafwaschen zu benutzen. Um ihr Zuwachsen und ihr Verlanden zu verhüten, schaffte man namentlich in trockenen Jahren den Schlamm heraus, der zugleich als Dünger für die Felder diente.

Speziell mit der Verlandung der Seen des Norddeutschen Tieflandes beschäftigen sich mehrere Aufsätze, die teilweise durch praktische Rücksicht auf die Fischerei veranlaßt sind. Da in Norddeutschland der Wind beständig an der Ost- bzw. Nordostseite der Gewässer Land fortnimmt, während an der West- bzw. Südwestseite das Ufer in den See hineinwächst, so liegen, wenn Ostwinde Holz und andere Gegenstände an das Ufer treiben, sie unter Wind fest und es entwickelt sich dann zwischen ihnen und dem Lande ein starker Pflanzenanwuchs, welcher die Verflachung des Sees schnell herbeiführt. Zur Verlandung tragen auch die Gewächse des offenen Wassers bei, weil ihre Rückstände bei unvollkommener Verwesung einen Torfschlamm zurücklassen, welcher den Seeboden erhöht und dadurch neuen Pflanzenwuchs herbeiführt; endlich lockt auch der von *Potonié* sogenannte Sapropel oder Faulschlamm, der sich an den flachen Stellen des Sees ablagert, eine neue Flora an, welche wiederum notwendig neue Verlandungen des Sees hervorrufen. Diese Erscheinungen werden, durch gute Abbildungen trefflich erläutert, von *Bugow*[2]) geschildert. Derselbe gibt eine anschauliche Schilderung[3]) von der allmählichen Versumpfung und dem Zuwachsen einer ausgedehnten Seengruppe südwestlich von Potsdam, von welcher jetzt nur noch das Karinecken oder der Saugartensee, die beiden Linewitzseen und der Caputhersee übrig geblieben sind.

Ein klassisches Beispiel für die Verlandung von Seen, teils durch natürliche Vorgänge, teils durch die Tätigkeit des Menschen, bildet die Seenrinne des Grunewalds bei Berlin, welche *Wahnschaffe*[4]) und *W.*

[1]) Die Ursachen der Oberflächengestaltung des norddeutschen Flachlandes. 4. Aufl. Stuttgart 1910.

[2]) Mitteilungen des Fischereivereines für die Provinz Brandenburg, N. F., Bd. II, Nr. 34. Berlin 1909.

[3]) Die Linewitzseen und das Karinecken. Ebenda, Bd. III, Nr. 4. Berlin 1910.

[4]) Die Seenrinne des Grunewalds und ihre Moore. Naturw. Wochenschr., N. F., Bd. VI, Nr. 21. 1907.

Kisse[1]) beschreiben. Die Grunewaldseenrinne ist als eine alte eiszeitaltliche Nebenrinne der viel bedeutenderen Havelseen entstanden und hat sich aus Mangel an Zufluß sehr bald in einzelne Seen aufgelöst, während die Havelseen durch die alluvialen Gewässer der Havel dauernd miteinander verbunden wurden. Beide Rinnen gehören zu dem von *Berendt* aufgestellten glazialen Seetypus der Schmelzwasserrinnen, der im Norddeutschen Tiefland weit verbreitet ist. Das Gefäll der Grunewaldseenrinne ist im allgemeinen nach Südwesten gerichtet, ihr Boden ist nicht gleichmäßig ausgetieft, sondern es wechseln durch Sand gebildete Schwellen mit tiefer eingesenkten Seebecken ab, und diese wiederum sind durch vertorfte Zwischenstücke miteinander verbunden und zeigen dadurch an, daß die Rinne nicht etwa erst in jüngerer Zeit durch Wasser ausgefurcht sein kann, sondern daß sie einen alten, jetzt toten Wasserlauf darstellt. *Kisse*, welcher speziell den Grunewaldsee studiert und von ihm eine Tiefenkarte in 1 : 8000 mit einer Anzahl von Profilen entworfen hat, findet, daß die Verlandung dieses Sees am Westufer ungleich größere Fortschritte gemacht hat als am Ostufer und glaubt die Ursache in den vorherrschenden Westwinden zu suchen, welche das Wachstum der Pflanzen verzögert, während für die ungleichen Verhältnisse an seinem Nord- und Südende die verschiedene Tiefe des Untergrundes die Ursache sein soll. Um eine Grundlage für weitere Messungen für spätere Jahre zu haben, hat er eine besonders genaue Übersichtskarte über das Verlandungsgebiet am Nordende des Sees gegeben, deren geometrische Grundlagen hoffentlich nicht durch irgend welche Unbilden der Witterung vernichtet werden.

Gegenüber der vielfach verfochtenen Auffassung, daß der Wasserspiegel aller Seen des Grunewalds in beständiger Abnahme begriffen ist infolge der durch die Wasserwerke der westlichen Vororte Berlins bewirkten Senkung des Grundwasserspiegels in der dortigen Gegend, betont *Keilhack* in einem im Bürgerverein von Nikolassee gehaltenen Vortrag (Referat in der Zeitschr. f. d. ges. Wasserwirtschaft, VII, Nr. 8), daß man auf Grund fünfjähriger Beobachtungen zwischen den nordöstlichen Seen vom Riemeistersee bis zum Halensee und den südwestlichen von dem Nikolassee bis zur Krummen Lanke unterscheiden müsse. Der Wasserstand der Seen der ersten Gruppe schwankt im allgemeinen innerhalb derselben Grenzen, sie sind also nicht im Sinken begriffen und das tiefe Minimum des Jahres 1911 ist lediglich auf die große Niederschlagsarmut des gleichen Jahres zurückzuführen. Dagegen sind die südwestlichen Seen, mindestens seit 1908, im fortwährenden Sinken begriffen, das in der Hauptsache durch die oben erwähnte Inanspruchnahme des Grundwassers durch die Wasserwerke zurückzuführen, wodurch also auch die Speisung der genannten Seen durch Grundwasser klar bewiesen ist.

Die Verwaltung der märkischen Wasserstraßen hat als Manuskript die Tiefenpläne der im Zuge der märkischen Wasserstraßen gelegenen Seen

[1]) Die Verlandung des Grunewaldsees. Jahresber. d. Realgym. zu Schmargendorf, Ostern 1911.

mit einer Erläuterung im Jahre 1909 herausgegeben, welche, abgesehen von hier nicht in Betracht kommenden Teilen der Havel und Spree, sehr genaue Tiefenkarten in 1 : 10.000 von 107 Seen umfaßt. Natürlich ist eine scharfe Abgrenzung von Fluß und See nicht immer möglich. Die Seen sind zu einem großen Teile vom Eis aus, also besonders genau, gepeilt worden, ihre Spiegelfläche ist stets auf NN. eingepegelt worden. Der tiefste von ihnen ist der 8 km^2 große Werbellinsee, der mit 50 m Maximaltiefe zu den tiefsten Seen der Mark gehört (siehe unten): er reicht bis 6·7 m unter NN. und wird als Kryptodepression in der Mark nur noch von dem Sacrower See (— 7·2 m) und dem Schermützelsee (— 18·3 m) übertroffen. Der äußeren Gestalt nach sind die meisten Seen Rinnenseen, doch ergibt sich namentlich hinsichtlich der kleineren Rinnen und der größeren, in denen man im wesentlichen Teile der Urstromtäler vor sich hat, insofern ein wesentlicher Unterschied, als in den kleineren Rinnen die Schmelzwasser ganz überwiegend eine auswaschende Tätigkeit entfalteten, während in den größeren neben dieser die ablagernde Tätigkeit des Wassers deutlich zutage tritt. Infolge dieses Unterschiedes nehmen die Seen der kleineren Rinnen meist die ganze Breite des Tales ein, die anderen jedoch nicht. Recht deutlich tritt dieser Umstand in die Erscheinung, wenn man z. B. den Müggelsee mit dem Werbellinsee oder den Kremmersee mit dem benachbarten Ruppinersee vergleicht. Hinsichtlich der in nicht wenigen Seen dieser Gruppe vorkommenden kolkartigen erheblichen Vertiefungen in sonst ziemlich ebenem Boden möchte der die Beschreibung zu den Tiefenplänen liefernde Baurat *Scholz* auch an Einstürze als Ursache denken: ich halte diese Entstehungsursache wenig wahrscheinlich, neige mich vielmehr der Evorsion im *Geinitz*schen Sinne als Erklärungsgrund zu.

Die von den märkischen Wasserstraßen nicht berührten Havelseen hat nach einer Mitteilung von *Wahnschaffe* (siehe oben) Dr. *Brasse* ausgelotet und gefunden, daß diejenigen Seen, welche von der Havel nicht direkt durchflossen werden, eine ganz ansehnliche Tiefe erreichen, so der Glienecker See (12 m), der Heilige See (14 m) und besonders der Sacrower See (37 m), über den noch eine ausführliche Publikation seitens des Instituts für Meereskunde in Aussicht steht (siehe auch Teil III). Die Arbeiten *Brasses* sind bis jetzt noch nicht publiziert.

Teils auf die Resultate der von der oben erwähnten Verwaltung der märkischen Wasserstraßen veranstalteten Lotungen, teils auf die Aufnahmen der kgl. preuß. Geol. Landesanstalt, welche neuerdings auch die Tiefenverhältnisse der Seen berücksichtigt und in ihren geologischen Blättern zum Teil einzeichnet, teils endlich auf privaten Mitteilungen fußend, hat *Samter*[1]) eine sehr dankenswerte Übersicht über das Areal und die Maximaltiefe von 191 märkischen Seen gegeben, welche zugleich auch den Maßstab der vor-

[1]) Märkische Seen in Areal und Maximaltiefe. Mitt. d. Fischereiver. f. d. Prov. Brandenburg, 1908/09, H. 6.

handenen Tiefenkarten angibt; ein weiteres Verzeichnis soll seit Jahr und Tag im Archiv der Seenabteilung der kgl. preuß. Geol. Landesanstalt vergraben liegen.

Danach ist der tiefste märkische See der unweit der mecklenburgischen Grenze gelegene Große Stechlinsee (64·5 *m*), der wahrscheinlich in der Reihe der tiefen Seen Norddeutschlands die vierte Stelle einnimmt (s. S. 68). Neuerdings hat *Samter* auch eine Anzahl märkischer Seen im östlichen Teil dieser Provinz kurz monographisch bearbeitet[1]), darunter auch den Großen Mohriner See und den Schermützelsee. Letzterer sollte nach *Girard*[2]) nur 200 Schritte von dem Fischerhäuschen nahe seinem Nordende eine Tiefe von 142′ = 44·6 *m* erreichen, eine Angabe, welche auch *Wahnschaffe* sich zu eigen gemacht hatte.[3]) *Samter* hat aber gefunden, daß die „genauen Messungen" *Girards* eben keine genauen gewesen sind, sondern ungenaue, denn er fand an der gleichen Stelle nur 36 *m*, wie seine im Maßstab 1 : 10.000 gehaltene Tiefenkarte zeigt. Im Mohriner See fand er, gleich dem Referenten[4]), als Maximaltiefe 58·5 *m*; im einzelnen weicht seine Tiefenkarte an manchen Stellen nicht unerheblich von der meinigen ab, was wohl in der Hauptsache damit zusammenhängt, daß *Samter* erheblich mehr Lotungen unternahm und sie vom Eis aus ausführen konnte. Übrigens bildet gerade dieser See ein vortreffliches Beispiel dafür, daß das Wasser die Formen der Erdoberfläche konserviert, denn sein äußerst verwickeltes Bodenrelief kontrastiert gewaltig mit dem überwiegend dem „Sande" angehörigen festen Land, das ihn umgibt und größerer Unebenheiten fast völlig entbehrt. Ich halte den See für einen Grundmoränensee, in welchem die nur einen geringen Umfang einnehmenden kolkartigen Vertiefungen durch Evorsion entstanden sind. Die in seiner unmittelbaren Nähe vorbeiziehende Endmoräne ist quantitativ nur sehr schwach entwickelt.

Der größte der von *Samter* aufgenommenen Seen ist der 686 *ha* große Soldiner See, der aber nur eine Tiefe von 19·5 *m* erreicht. Er liegt zwischen der großen Endmoräne, die vom Mohriner See zum Berlincher See nach Osten zieht, und dem von Beyersdorf nach Lippehne verlaufenden Endmoränenbogen mitten in einer ausgesprochenen Grundmoränenlandschaft. Wie auch die zu den Blättern der nördlichen Neumark gehörigen Erläuterungen der geologischen Karte des Königreiches Preußen in 1 : 25.000 ausführen, kann man in dortiger Gegend zwei beinahe senkrecht aufeinander stehende Richtungen der Seenketten bemerken, nämlich eine nach NW. bis SO. und eine nach NO.—SW. gerichtete Anordnung, welche offenbar mit der Bewegungsrichtung zusammenhängen, in welcher das Inlandeis seinen

[1]) Zehn märkische Seen. Beiträge zur Seenkunde, herausg. v. d. kgl. preuß. Geol. Landesanstalt, Teil III, 1. Abh. d. kgl. preuß. Geol. Landesanstalt, N. F., H. 57, 1912.

[2]) Die norddeutsche Ebene insbesondere zwischen Elbe und Weichsel. Berlin 1855.

[3]) Die Lagerungsverhältnisse des Tertiärs und Quartärs der Gegend von Buckow. Jahrb. d. kgl. preuß. Geol. Landesanstalt für 1893. Berlin 1894.

[4]) *W. Halbfaß*, Der Mohriner See in der Neumark. Globus, Bd. 98, Nr. 16, 1910.

Rückzug aus den südlichen Gebieten bis zur neumärkischen Endmoräne vollzog.

Die meisten der vortrefflich ausgeführten Karten *Samters* in 1:25.000 enthalten auch das umgebende Land, daneben sind von einigen Seen noch besondere Karten in 1:10.000 ohne die Umgebung gezeichnet.

Wesentlich die gleichen natürlichen Verhältnisse treffen wir bei den vier Seen des Sternberger Ländchens an, welche *Schütze*[1]) bearbeitet hat.

Lagowsee und Tschetschsee liegen in einer nordsüdlich gerichteten, nach Süden zu sich allmählich verflachenden Schmelzwasserrinne, welche von der im Buchwald konstatierten Endmoräne ausging, und sind ausgesprochene Rinnenseen. Der Tschetschsee gehört zu den tiefsten Seen der Mark und steht an Tiefe nur noch dem Großen Stechlinsee und dem Großen Mohriner See (siehe oben) nach. Die tiefen Kessel in beiden Seen, wie in dem Großen und Kleinen Bechensee, schreibt *Sch.* in der Hauptsache der Evorsion des Schmelzwassers des Eises zu.

Eine kleine monographische Bearbeitung erfuhren auch die Seen des Rhinluchs[2]), des letzten der Kultivierung noch harrenden Restes des großen Gewässers, das zu Ende der Diluvialzeit die Abflüsse der pommerschen und der preußischen Seenplatte aufnahm und in der Richtung des jetzigen Elbestromes zur Nordsee führte. Von ihm sind jetzt nur noch der Bützsee und der Kremmener See erhalten geblieben, beide flache Seen gehen der Verlandung entgegen, der Kremmerer See im verstärkten Maße, weil hier die Kalkabscheidung der Pflanzen aus dem Wasser wesentlich übertroffen und verdeckt wird durch die Humusproduktion aus der reichen Pflanzenentwicklung.

Sehr dankenswert sind die statistischen Zusammenstellungen der zu den einzelnen Küstenflüssen der Ostsee gehörigen Seen mit Angabe ihres Areals und Meereshöhe, welche sich in dem von der preußischen Landesanstalt für Gewässerkunde bearbeiten Werk „Deutsche Küstenflüsse", Berlin 1911, finden. Relativ den größten Teil im Gebiet der Küstenflüsse nehmen die Seen im Gebiet der Schwentaine ein (11%), ihm folgt dasjenige der Leba (5·1%), wobei allerdings der Lebasee selbst eingerechnet ist. Über 1% des Sammelgebietes treffen auf Seen noch bei der Piasnitz (4·3), der Lupow (4·2), der Warnow (4·1), der Trave (2·6), der Uecker (2·5), der Eider (2·2), der Peene (2·1), der Passarge (2), der Stolpe (1·9), der Zarow (1·7), der Rega (1·4) und der Wipper (1·0%).

Die zahlreichen Seen Mecklenburgs harren zumeist noch ihrer genaueren Erforschung. Seit dem zusammenfassenden Werk von *Geinitz*, „Die Seen, Moore und Flußläufe Mecklenburgs, Güstrow 1886", ist insbesondere eine schöne Tiefenkarte des größten Sees des Landes, der Müritz in 1:50.000 mit Isohypsen im Abstand von je $2^1/_2$ *m* auf Grund von un-

[1]) Die vier schönsten Seen im Lande Sternberg. P. M., 1908, H. 8.

[2]) *A. Seligo,* Die Seen des Rhinluchs. Aus Deutscher Fischerei. Neudamm 1911.

gefähr 3000 Lotungen veröffentlicht worden.[1]) Da letztere sämtlich von Eis aus gemacht wurden, so ist die Karte besonders genau. Die größte Tiefe (30·5 *m*) ist ganz im Norden, nahe der Stadt Waren, die mittlere Tiefe ist nur 6·3 *m*. daher wird sein Volumen z. B. von dem des 3mal so kleinen Madüsees übertroffen. *Geinitz* bezeichnet die Müritz als eine Kombination von Rinnen- und Grundwassermoränensee. Inwieweit schon vor der Eiszeit etwa vorhandene Querbrüche in dem herzynisch streichenden Kreidegebirge bei der Gestaltung des Beckens mitgewirkt haben, bleibt einstweilen noch zweifelhaft. *Geinitz* gab auch eine Tiefenkarte des Conventersees bei Doberan heraus[2]), der nur im nördlichen Teil 1 *m* Tiefe erreicht, sonst aber weit flacher ist. Aus der Mächtigkeit seiner Alluvialmassen (Karte in 1:25.000) ergibt sich, daß in seiner Gegend das Land zu Beginn der Alluvialzeit mindestens 20 *m* höher gelegen haben muß als jetzt.

Der sowohl zu Mecklenburg-Strelitz wie zu Lauenburg gehörige Schaalsee hat durch die Preuß. geol. Landesanstalt eine neue Auslotung erfahren[3]), welche gegen die frühere Karte von *Peltz*, welche in dem oben erwähnten Buch von *Geinitz* veröffentlicht worden ist, ziemlich erhebliche Differenzen aufweist. Die ausführliche Beschreibung dieser Gegend ist, wie unten erwähnt, noch nicht erschienen. *Bartling* berichtet in den Erläuterungen zu Blatt Seedorf (S. 35 ff.), daß einzelne Teile dieses Sees das Gepräge eines Grundmoränensees bewahrt haben, wie z. B. der Bernstorfer Binnensee, der Lassahnersee, Borgsee, Techinersee, Kirchensee, daß aber unmittelbar daneben das Schmelzwasser des Diluvialeises eine tiefe zusammenhängende Rinne gegraben habe, die vom Nordende des Niendorfer Binnensees zwischen dem Kampenwerder und Großen Zecher hindurch, an der Techiner Halbinsel vorbei bis zu seinem Südende reicht und auch jene große Tiefen enthält, welche in Norddeutschland nur noch im Dratzigsee (um 11 *m*) übertroffen werden. Auch *Bärtling* führt diese steilrandigen Kessel auf Evorsionen zurück. Am Ufer des Schaalsees lassen sich an verschiedenen Stellen Spuren ehemaliger höherer Wasserstände in Form von Strandterrassen und alten Wasserabsätzen erkennen. Die älteste liegt durchschnittlich 12 *m* über seinem heutigen Wasserspiegel und ist am deutlichsten am nördlichen Ufer des Salemer Sees bei Dargow und westlich vom Gute Bresahn ausgeprägt. Die nächstjüngere Terrasse liegt 7 *m* über dem Seespiegel und tritt meist da deutlich auf, wo die ältere fehlt. Endlich ist auch noch eine $1^1/_2$—2 *m* über dem See befindliche Terrasse, welche sich gegen seine Alluvionen deutlich absetzt, besonders gut auf dem Werder von Groß-Zecher entwickelt, während sie sich sonst nur unbedeutend abhebt. Zu den reinen Evorsionsseen rechnet *Bartling* auch den nur 300 *m* breiten, aber bis 23 *m* tiefen Garrensee und den Plötschersee, während

[1]) *W. Peltz* und *E. Geinitz*, Begleitworte zur Tiefenkarte der Müritz. Archiv der Freunde der Naturgeschichte in Mecklenburg 1906, Bd. 60.

[2]) Mitt. der Grh. Mecklenburgischen Geol. Landesanstalt, IX. Rostock 1898.

[3]) Blätter Seedorf und Zarrentin der Geologischen Landesaufnahme, Lieferung 140. Berlin 1907.

die meisten Seen der Gegend Mischformen darstellen. *Dröscher* hat gelegentlich seiner fischereiwirtschaftlichen Untersuchungen auch diesen See berücksichtigt[1]), leider ohne Kenntnis der eben erwähnten Neuaufnahme. Auch er ist wie *Ule* der Ansicht, daß er in der Hauptsache durch Grundwasser gespeist wird, seine Hochwasserstände sind in den Monaten Februar bis Mai, hinken also den Niederschlägen in seinem Einzugsgebiet um 5—8 Monate nach. Die neuesten Landeskunden über Mecklenburg von *Geinitz*, *Ule* und *Schwarz* liefern zur Seekunde des Landes keine neuen Beiträge. In dem an Mecklenburg-Strelitz grenzenden Gebiet der Hansastadt Lübeck befindet sich die stärkste Kryptodepression, die man bis jetzt in Deutschland kennt, es ist der von *Halbfaß*[2]) ausgelotete Hemmelsdorfer See, welcher in seinem südlichen Teile bis 44 *m* unter den Spiegel der Ostsee reicht. Das Ergebnis seiner Lotungen, die er in einer Karte 1:12.500 niedergelegt hat, stimmt ziemlich genau mit derjenigen überein, welche auf Veranlassung Napoleon I. 1815 publiziert wurde. Verf. ist mit *Gagel* der Ansicht, daß der See eine noch ungelöste Föhrde ist, deren Tiefenverhältnisse komplizierter geblieben sind als diejenigen der Föhrden an der Ostküste von Schleswig, welche schon seit langer Zeit mit dem Meer in unmittelbarer Verbindung gestanden haben. *Halbfaß* hat auch den Selentersee, den zweitgrößten See Ostholsteins, näher untersucht[3]), er ist keine Kryptodepression, wie man bisher annahm, sondern die tiefste Stelle seines Bodens befindet sich noch 3 *m* über dem Spiegel der Ostsee. Seine Bodenkonfiguration ist trotz der Einfachheit seiner Ufer ziemlich kompliziert, die dem Südufer vorgelagerte Endmoräne, deren charakteristischer Kulminationspunkt der Petersberg und eine von der Blomenburg gekrönte Hügelgruppe sind, stempelt ihn zu einem Endmoränenstausee, die man, wenn auch nicht übermäßig zahlreich, so doch in allen Teilen des baltischen Höhenrückens trifft. Grundwasserspeisung ist auch bei diesem See sehr wahrscheinlich.

Die Seen des Eidergebietes hat *Wegemann* gemeinsam mit *Scheer* aufgenommen[4]) und hat bei dieser Gelegenheit, was vorauszusehen war, eine ganze Anzahl (16) von Kryptodepressionen konstatiert, welche zusammen ein Areal von 18·2 km^2, also fast die Hälfte aller Seen des Eidergebietes (40 km^2) einnehmen. Die stärkste Depression findet sich im Flemhuder See, dessen Boden 22 *m* unter den Meeresspiegel reicht. Die Zahl der Lotungen ist namentlich bei den 1886 vom Kanalamt erfolgten Vermessungen und den Neuvermessungen nach Beendigung des Kanals im Jahre 1897 eine außerordentlich große. Durch den Kanalbau einerseits, durch künstliches Senken und durch Zuwachsen andrerseits sind eine

[1]) Der Schaalsee und seine fischereiwirtschaftliche Nutzung. Zeitschrift für Fischerei, XIII, Heft 3—4.

[2]) Der Hemmelsdorfer See bei Lübeck. Mitt. der Geogr. Ges. Lübeck, 2. Reihe, Heft 24, 1910.

[3]) Der Selentersee in Ostholstein. Globus, Bd. 96, Nr. 3, 1909.

[4]) Die Seen des Eidergebietes. P. M. 1912, Aprilheft.

größere Zahl stark verkleinert worden, andere ganz verschwunden; infolge der Erweiterung des Kanals werden noch mehr Seen verschwinden bzw. in ihrem Umfang verkleinert werden. Die meisten noch vorhandenen Seen gehören alten Abflußlinien an und stellen Endmoränenseen dar, der Bothkamper und der Flemhuder See werden als Endmoränenstauseen aufgefaßt.

Der sogenannte „Hadersleb ener Damm" bei der Stadt gleichen Namens ist nach demselben Verfasser (Litt.-Beilage zur Schleswigschen Grenzpost, Hadersleben 1912) ein um 2 *m* aufgestauter alter Landsee, der von etwa 220 *ha* auf 300 *ha* vergrößert wurde und auch vor dem Aufstau schon eine Tiefe von mehreren Metern besessen hat, ohne daß irgendwo eine Furt vorhanden gewesen wäre.

Von den seenkundlichen Arbeiten neuerer Zeit, welche Pommern betreffen, behandelt diejenige von *Bellmer*[1]) die wichtigsten Seen und Sölle Neu-Vorpommerns und Rügens. Im Südostwinkel Neu-Vorpommerns findet sich zwischen Anklam und Wolgast eine Gruppe von 20 Seen, von denen der Berliner See bei Buggenhagen der tiefste ist (15 *m*).

Von den Seen auf Rügen sind 5 Produkte der früheren Vereisung des Landes, die übrigen sind Strandseen. Der bekannte Herthasee ist nur 2 *ha* groß, wird aber 11 *m* tief und ist der letzte Rest einer zum größten Teil schon vermoorten Senke, welche durch die Tektonik des Untergrundes bedingt ist, also kein Erdfall. Mittelst Peilstangen hat *Bellmer* noch die Tiefe von 26 Söllen ermittelt, von denen nur 2 ihre ursprüngliche Bodenfiguration behalten haben. Das nur 50 *m* lange und 28 *m* breite Söll bei Hohenmühl erreicht die ansehnliche Tiefe von 7 *m*, die übrigen eine solche von 2—4 *m*.

Die Frage nach der Entstehung der Sölle lehnt der Verfasser aus Mangel an hinreichendem Vermessungs- und Beobachtungsmaterial ab. Von 9 Seen liegen Tiefenkarten und Profile in verschiedenem Maßstab vor, außerdem noch von 2 Söllen Profile in 1 : 1000.

Von dem größten pommerschen Binnensee, dem Madüsee, liegt eine neue von *Samter* in 1 : 25.000 entworfene Tiefenkarte vor[2]), welche diejenige ven *Halbfaß* in 1 : 50.000[3]) glücklich ergänzt. Er hat auch die alten Uferlinien des Sees genauer verfolgt und festgestellt, daß der Wasserstand am Ende der Glazialzeit etwa 10 *m* höher war als heute. Da er zur Zeit der Gründung des Klosters zu Colbatz (1170) etwa 1 *m* tiefer war wie jetzt, und noch früher, zur Zeit der neolithischen Pfahlbauten, die namentlich am benachbarten Plönersee gut erhalten gewesen sind, etwa der gleiche wie heute war, so sind Klimaschwankungen in diesem Gebiete deutlich zu erkennen.

[1]) Jahresber. d. Geogr. Ges. Greifswald, Bd. X, 1906.

[2]) *M. Samter*, Der Madüsee. Beiträge zur Fauna des Madüsees in Pommern. III. Mitt. Arch. f. Naturgesch., 71. Jahrg., Bd. I, H. 3, Berlin 1905.

[3]) Beiträge zur Kenntnis der Pommerschen Seen. P. M., Ergänzungsh. 136, 1901.

Die geologischen Aufnahmen dieser Gegend (Blatt Kublank und Werben, Lief. 149 und 165 der geologischen Karte des Königreiches Preußen. Erläuterungen von *Wunstorf*) haben ergeben, daß der See erst zu Ende des Alluviums zu der Höhe anstieg, die er besaß, ehe Friedrich der Große 1770 die Senkung vornahm, denn es sind bei Moritzfelde Reste menschlicher Ansiedlungen der jüngeren Steinzeit in einem Gebiet gefunden worden, welches um 1770 noch vollkommen sumpfig gewesen sein muß, und andrerseits findet man an dem Südwestufer des Sees häufig Reste mächtiger Eichenstämme als deutliche Anzeichen einer ehemaligen Waldbedeckung, die gleichfalls nicht 1—2 *m* tief im Wasser gestanden haben kann.

Ich hatte in meiner oben erwähnten Arbeit die Hypothese aufgestellt, daß zur Alluvialzeit der See durch die Ihna entwässert worden sei; die neuesten geologischen Aufnahmen haben aber gezeigt, daß an keiner Stelle eine alluviale Verbindung zwischen dem Randalluvium des Sees und den flachen Alluvialflächen, welche sich in nördlicher Richtung zu einem Nebental der Ihna zusammenschließen, bestanden haben kann. *Samter* ist der Ansicht, daß das Becken des Sees bereits im Tertiär vorgebildet war und während der Glazialzeit im ganzen nur unwesentlich verändert wurde.

Wenn er aber die den See bei Mittelwasser um 0·4, 0·9 und 2·4 *m* überragenden Terrassen mit der Yoldiaepoche-und den Haffstauseeterrassen *Keilhacks* in Verbindung bringt, so hat *F. W. Paul Lehmann*[1]) sehr richtig darauf hingewiesen, daß sie mit jener Zeit nichts zu tun haben, sondern die Wahrzeichen des Wasserstandes sind, den der See vor den Regulierungsarbeiten unter Friedrich dem Großen besaß; auch die von *Samter* „Steinpackungen" genannten Steinanhäufungen am Südende von Werben (s. Abb. a. a. O., S. 9) sind gar keine natürlichen Packungen, sondern von den Bewohnern Werbens künstlich zusammengetragen zum Schutz gegen die Wellen des Sees, der damals bis an jene Anhöhe heranreichte. Von großem Interesse, auch vom geographischen Standpunkt aus, sind *Samters* und *Weltners* Untersuchungen über die eigenartige Reliktenfauna des Sees.[2]) Die im Madüsee lebenden Ostseerelikten Mysis relicta, Pallasiella quadrispinosa und Pontoporeia affinis sowie die ihm eigentümlichen Maräne, Coregonus maraena, beweisen nur, daß eine alte Fauna mit eiszeitlichen Lebenserscheinungen im See ihre Existenz finden kann, sind aber kein Beweis dafür, daß er ein Reliktensee in dem Sinne eines abgeschnürten ehemaligen Tales eines noch vorhandenen Ozeans gewesen sei. Vielmehr wurden die genannten Tierformen im Verlauf der Spät- und Postglazialzeit im Ancyclusbecken aus moränen Eisformen zu Süßwasserformen umgebildet, welche im Madüsee ihnen zusagende Lebensbedingungen fanden, weil er zu den verschwindend wenig Seen Norddeutschlands ge-

[1]) Das Alter der Madüsee-Terrassen. Monatsber. der Deutschen Geol. Ges., Bd. 63, Jahrg. 1911, Nr. 1.

[2]) Zool. Anz., Bd. XXIII, Nr. 631, 1900; Bd. XXV, Nr. 666, 1902; Bd. XXVII, Nr. 22, 1904; Arch. f. Naturgesch., 71. Jahrg., 1. Bd., 2. u. 3. H., 1905. Abhandl. d. Kgl. preuß. Akad. d. Wissensch., Berlin 1905.

hört, die die Mitte zwischen den kalten alpinen Gebirgsseen oder den kalten Seen des hohen Nordens und den flacheren, schnell aufgewärmten Seen Mitteleuropas halten. Sehr wahrscheinlich ist er sogar der einzige See dieser Art, den unsere baltische Seenzone besitzt. Ohne Zweifel war der Madü ein Teil der Ostsee zur Ancycluszeit, die aber damals selbst ein Reliktenbecken war, folglich kann man nach dem allgemeinen Sprachgebrauch den Madüsee nicht als Reliktensee bezeichnen.

Halbfaß hat als Nachtrag zu seiner größeren Arbeit über die Pommerschen Seen (siehe oben) weitere Beiträge erscheinen lassen[1]), welche eine Anzahl Seen in den Kreisen Lauenburg, Bülow und Schlawe betreffen und teils zur Wipper und Brahe abwässern, teils abflußlos geworden sind. Der größte von ihnen ist der Chottschower See (180 *ha*) mit einer größten Tiefe von 13 *m*, der Große Luggewiesersee (155 *ha* groß und 15 *m* tief) und der Deepersee (148 *ha* groß, 22 *m* tief); die größten Tiefen erreichen der Piaschensee und der Schwarze See (Kreis Lauenburg) mit je 24 *m*.

Die Provinz Posen, deren Seen bisher von allen Seen der baltischen Zone am unbekanntesten geblieben waren, hat an *Schütze*[2]) einen sehr eifrigen und gewissenhaften Bearbeiter gefunden. Nachdem er die Kolmarer Seengruppe, den Schwersetzersee bei Posen, den Malitschsee bei Premessen, die Ilgederseen bei Fraustadt, den Gurka- und Kesselsee zwischen Warthe- und Obrabruch, endlich die Ketscherseengruppe bei Posen untersucht und Tiefenkarten in 1 : 25.000 entworfen hatte, hat er in einer besonderen Arbeit[3]) die Seen der Provinz nach den Flußgebieten, Höhenstufen, Tiefen und Arealen zusammengefaßt und sodann eine tabellarische Übersicht gegeben, welche 502 Seen über je 10 *ha* Größe umfaßt, die sich über die Provinz sehr ungleich verteilen. Der größte von ihnen ist der zu einem guten Teile zu Rußland gehörige Goplosee mit 36·5 km^2, über welchen *Schützes* jüngste Publikation in P. M., 1912, Juliheft, handelt. In seinem preußischen Anteile erreicht er eine Maximaltiefe von 15·7 *m*; es ist nicht wahrscheinlich, daß er in dem zu Rußland gehörigen Anteil größere Tiefen erreicht, seine mittlere Tiefe ist vermutlich 4—5 *m*. Leider konnten in dem russischen Teile nur wenige Lotungen gemacht werden. Er stellt eine in geologisch noch sehr junger Zeit erloschene Bifurkationsstelle zwischen Warthe und Netze dar und ist in seinem Nordteil nur ganz flach in die kujawische Geschiebemergelhochfläche eingesenkt, während die Endmoränenlandschaft noch über sein Südende hinausgeht. Die aufgeführten Seen (zusammen 372 km^2) nehmen 1·28% der ganzen Provinz ein. Die Gesamtfläche stehender Gewässer in Posen, darunter also auch die Seen unter 10 *ha* zu rechnen sind, nehmen nach

[1]) P. M. 1904, H. XI.

[2]) Aus dem Posener Land. 1909, Zeitschr. d. Naturw. Abt. in Posen, XV, 3/4, 1908 und XVI, 1/5, 1909. P. M. 1909, H. V.

[3]) Die Seen der Provinz Posen nach ihrer Verteilung und Größe. Abh. d. Kgl. Preuß. Geol. Landesanstalt, N. F., H. 5, Berlin 1909.

Schütze 390 km^2 ein; nach den „Ergebnissen der Grund- und Gebäudesteuerveranlagung" (in welchem Jahre?) soll die gesamte Wasserbedeckung der Provinz 579·49 km^2 einnehmen, es müßten also 190 km^2 auf die Flüsse und kleinsten Tümpel kommen, was ganz ausgeschlossen ist, da das Areal der beiden Hauptflüsse Warthe und Netze nach reichlicher Schätzung sich nur auf 31 km^2 beläuft. Wenn man nun auch einen Teil der Differenz auf Ungenauigkeiten jener Katasteranlagen zurückführen mag, so unterliegt es doch keinem Zweifel, daß die Gewässer der Provinz Posen seitdem eine ganz beträchtliche Verminderung durch Ablassungen, Meliorationen usw. erlitten haben müssen. Nach Flußgebieten verteilt, kommen 116 Seen auf das Obra-, 128 auf das Warthe- und 136 auf das Netzegebiet. Entsprechend der mittleren Höhe der Provinz, welche *Schütze* auf 76 *m* berechnet hat, liegt ein starkes Viertel der Seen in der Höhenlage von 70—80 *m*, der höchstgelegene ist ein kleiner See im Kreise Ostrowo (137·7 *m*).

Die größte Tiefe scheint nach den bisherigen Erfahrungen der Popielewoersee im Kreise Mogilno (50·5 *m*) zu besitzen. In einer späteren Arbeit[1]) bespricht *Schütze* auch die Entstehung der Posener Seen, welche eine sehr mannigfaltige ist. Besonders zahlreich ist der Typus der Endmoränenseen vertreten, wozu vor allem die große Seengruppe am linken Ufer der unteren Warthe zwischen Birnbaum und Zirke, ein großer Teil der Seen auf der Südposener Hochfläche, die Seen im Winkel zwischen Warthe und Obra, endlich viele Seen in Nordposen gehören. Eine andere Klasse stellen die Endmoränenstauseen dar, z. B. der Stadtsee bei Kolmar, der Launersee bei Storchnest, der Bythinersee in der Mitte von Westposen. Sehr zahlreich sind auch die Seen vertreten, deren Entstehung als Schmelzwasserrinnen des abtauenden Eises zu erklären sind. *Schütze*[2]) hat neuerdings 2 typische Beispiele, den Strykowoer- und den Niepruszewoersee, ausgelotet, zwischen denen bei der Station Okusch die Berlin-Posener Bahn hindurchfahrt. Sie gehören zu den größten Seen der Provinz, werden aber nur 4·5 bzw. 3·1 *m* tief; die der Arbeit beigefügten Tiefenkarten in 1 : 25.000 zeigen einen sehr gleichförmigen Untergrund. Neben reinen Rinnenseen kommen auch Mischformen von solchen und Grundmoränenseen vor, während reine Grundmoränenseen nur selten auftreten. *Schütze* nennt den Kalischauersee im Kreise Wongrowitz, den Chrzypskosee im Kreise Birnbaum[3]) und den Skorzencinersee im Kreise Witkowo. Auch die Äser geben nicht selten zur

[1]) Die Verbreitung und Entstehung der Posener Seen. Geogr. Zeitschr., Bd. 17, Heft 2, 1910.

[2]) Monatsblätter für Heimatkunde. Aus dem Posener Lande. Heft 4, Jahrgang 1912, Lissa.

[3]) Mit dieser Seengruppe hat sich auch *Schild* (†) in einer Arbeit „Zwischen Warthe und Obra"; Beilage zum Progr. des kgl. Gymnasiums zu Meseritz, Ostern 1906, beschäftigt, welche auch von einer Anzahl von Seen Skizzen von Tiefenkarten in 1:25.000 enthält. *Schild* hat noch später Seen in dieser Gegend ausgelotet. Leider liegt sein gesamtes Material schon Jahr und Tag im Archiv für Seenkunde der kgl. Preuß. Geol. Landesanstalt unbenutzt vergraben.

Bildung von Seen Veranlassung, z. B. bei Otusch, westlich der Stadt Posen, und bei Seehorst. Eine ganz eigenartige Kategorie von Seen faßt *Schütze* unter den Namen: Dünenseen zusammen, welche zwischen Wolstein und der unteren Obra liegen, also nicht mehr in dem klassischen Dünengebiet des Zwischenstromlandes. Er glaubt, daß diese Seen zwar zunächst durch abschmelzende Wassermassen entstanden sind, dann aber in ihrer Form durch die Dünenbildung beeinflußt worden sind. Am schönsten soll diese Bildung am Klossowskisee zu erkennen sein. Nach ihm spricht ihr Vorhandensein gegen die Annahme eines großen Stausees, welcher einst Warthe und Netze mit den Sandmassen zuschüttete, aus welchen dann die Winde später die Dünen des Zwischenstromlandes aufbauten. Sölle finden sich am meisten in der Umgebung von Krotoschin auf der Südposener Hochfläche, und zwar hier in ungeheurer Zahl. Ihre Existenz läßt darauf schließen, daß der Süden der Provinz von jeher seenärmer als die Nordhälfte gewesen sein muß, denn sonst hätten sich die größeren Seebecken erst recht erhalten müssen. Auffällig findet es *Schütze,* daß die Sölle in der genannten Gegend im waldbedeckten Gelände nicht auftreten und ist geneigt anzunehmen, daß die Hand des Menschen bei der Herstellung dieser kleinen Hohlformen eine nicht unwesentliche Rolle gespielt hat.

Eine besondere Art von Rinnenseen in Posen sind an eine Drumlinlandschaft geknüpft, welche sich südöstlich von der Provinzialhauptstadt von Kurnik bis Santomischl erstreckt und ein Gebiet von ca. 265 km^2 umfaßt. Nach *E. Werth* [1]) stellen sie besonders tiefe und breite Senken in derselben dar und liefern den Beweis dafür, daß auch die Drumlins im wesentlichen durch subglaziale Erosionen herausgebildet sein müssen.

Die seenreichen Provinzen Ost- und Westpreußen mögen den Beschluß dieses Teiles unserer limnologischen Übersicht bilden. Seit der umfangreichen Arbeit von *Braun* über die Ostpreußischen Seen (Königsberger Doktordiss. 1903) hat derselbe Autor (jetzt Professor der Geographie in Basel) zunächst in den Berichten des Fischereivereines für die Provinz Ostpreußen (1903/4, Nr. 4, 1904/5, Nr. 1 und 1905/6, Nr. 6) Tiefenkarten in 1 : 25.000 des Okull- und des Kortsees bei Allenstein, der Legienerseen in Westmasuren, des Debrongsees im Kreise Allenstein und des Tiefensees in den Trunzer Bergen (Kreis Heiligenbeil) gegeben, denen sich meist eine kurze Beschreibung und Erklärungsversuche ihrer Entstehung anschließen. Von den beiden erstgenannten Seen finden sich auch Tiefenkarten in P. M. 1903, Heft XII, in denen auch das umliegende Gelände vortrefflich dargestellt ist. Beide Seen sind Grundmoränenseen, während der in P. M. 1903, Heft III beschriebene Schillingsee den Typus eines Rinnensees in besonders schöner Form darstellt. Eine bei uns nur unter besonders günstigen Verhältnissen vorkommende Eiswirkung an Seeufern hat *Braun* [2])

[1]) Eine Drumlinlandschaft und Rinnenseen südöstlich von Posen. Monatsbericht der deutschen Geol. Ges., Bd. 61, Nr. 6, Berlin 1909.

[2]) Eiswirkung an Seeufern. Schriften der Physik.-Ökon. Ges. zu Königsberg. Jahrgang 47, 1906.

im Januar 1906 am Nordufer des Löwentin beobachten und photographisch festhalten können. Bilden sich bei starkem Frost ohne erheblichen Schneefall zahlreiche breite Sprünge, die später wieder zusammenfrieren, so dehnt sich bei plötzlich eintretender Temperaturzunahme das Eis schnell aus und baut längs einem flachen Ufer Strandwälle auf, welche durch Anhäufung und Aufschiebung des Ufersandes zustande kommen. Der Wall erreichte an einer Stelle eine Höhe von 1·5 *m*. *Braun* bringt in dieser Arbeit und in einem Nachtrag dazu die Literatur über diesen Vorgang zusammen, der besonders häufig an den Seen Nordamerikas beobachtet werden konnte. Den tiefsten See der Provinz hat *Halbfaß*[1]) in dem Wuchsnigsee im Kreise Mohrungen unweit des Nariensees gefunden. Seine Tiefenkarte zeigt in einem relativ kleinen Gebiet des Südteiles eine kolkartige Vertiefung, welche bis 64 *m* unter dem Wasserspiegel herabgeht und nach ihm auf Erosion der Abflüsse des Gletscherwassers zurückzuführen ist. Unter den norddeutschen Seen gebührt diesem See, was die absolute Tiefe anbetrifft, die 3. Stelle nach dem Dratzigsee (83 *m*) und dem Schaalsee (71·5 *m*). Ihm folgen dann der Große Stechlinsee (64·5 *m*) und der Große Plönersee (60·5 *m*). Andere Seen über 60 *m* Tiefe sind mir in Norddeutschland nicht bekannt. In bezug auf die mittlere Tiefe steht immer noch der Arendsee in der Altmark (29·7 *m*) an der Spitze.

Seitdem *Braun* sich anderen Spezialgebieten zugewandt hat, wäre die Seenkunde in Ostpreußen verwaist geblieben, hätten nicht die Geologen der kgl. Preuß. Geol. Landesanstalt sich bemüht, diese Lücke in ihren letzten Publikationen auszufüllen.

Sie haben zwischen Lötzen und Angerburg einen diluvialen Ur-Mauersee[2]) festgestellt, welchen im Süden Endmoränen, im Norden aber der Eisrand selbst aufgestaut hat, während er im Osten und Westen meist von Geschiebemergelflächen eingefaßt wird. Die Höhe dieses Sees, dessen Spuren sich z. T. in sehr schön ausgebildeten Terrassen von Sand- und Tonablagerungen, z. B. als alte Strandlinien, im Diluvialplateau erhalten haben, hat eine Meereshöhe von etwa 132 *m* besessen, während der Wasserspiegel der jetzt noch vorhandenen Seen dieses Gebietes, die nur als kümmerliche Reste jenes alten Glazialsees aufzufassen sind, etwa 15 *m* tiefer liegt. Bei dieser Gelegenheit wurde konstatiert, daß die größte Tiefe des Löwentin gerade vor dem alten Gletschertor liegt, welches durch die Lücken der Endmoräne bei Lötzen festgelegt wurde, während die größte Tiefe des Kissainsees ebenfalls vor einer solchen Lücke liegt und die größte Tiefe im Mauersee einer Rinne entspricht, welche aus dem Pristaniersee herauskommt. Außer diesem großen glazialen Mauersee war

[1]) Der tiefste See Ostpreußens. Mit einer Karte in 1:25.000. Globus, Bd. 86, Nr. 11, 1904.

[2]) Übersichtskarte des Mauerseegebietes in jungdiluvialer Zeit in 1:100.000 1904. Erläuterungen zur geologischen Karte von Preußen, Gradabteil. 19, Blatt 51—58. Berlin 1905. Berichte über die wissenschaftlichen Ergebnisse der Aufnahmsarbeiten von *Gagel*, *Kaunhowen*, *P. G. Krause* und *Klautzsch* in den Jahrbüchern der königl. preuß. geol. Landesanstalt, 1898—1906.

aber in etwas jüngerer Zeit noch ein zweites, etwas kleineres, Staubecken vorhanden gewesen, das sich nordöstlich von Angerburg befand, das Skalische Becken, dessen Diluvialterrassen sich etwa 10 *m* über seinen tiefsten Punkt erheben. Die Seen der zur Lieferung 133 der Geologischen Karte des Königreiches Preußens usw. gehörigen Blätter Sensburg, Sorquitten, Aweyden und Ribben hat der Kulturtechniker der Landesanstalt, Dr. *Th. Wölfer* ausgelotet und das Ergebnis seiner Lotungen in Tiefenkarten mit Isobathen in vertikalem Abstand von 5 *m* dargestellt. Eine Tiefe von über 40 *m* erreicht nur der 279 *ha* große Pillacker- oder Tluckensee (51·8 *m*), nahezu 40 *m* tief wird der 129 *ha* große Czoossee. Verhältnismäßig sehr gering ist die mittlere Tiefe aller Seen, die selbst beim Pillackersee nur 14·5 *m* beträgt. Ihrer Entstehung nach sind fast alle Seen Grundmoränenseen von einfacher oder zusammengesetzter Beckenform.

Die Schlammbildungen erreichen in ruhigen Buchten einzelner Seen eine Mächtigkeit von 12·65 *m* (!). Nach der Beschaffenheit ihres Wassers unterscheidet *Wölfer* Humus-, Ton- und Kalkseen, zu welchen letzteren die tieferen Seen, wie der Pillacker- und der große Aweydersee, gehören.

Die Seen Westpreußens sind die Domäne des verdienstvollen Geschäftsführers des westpreußischen Fischereivereines, Dr. *A. Seligo*, während die in Bildung begriffene Seenkommission des westpreußischen Botanisch-Zoologischen Vereins bisher noch keine Arbeiten gezeitigt hat. In den Mitteilungen des westpreußischen Fischereivereins (Bd. XIV, Nr. 2, XV, Nr. 1 und 3 u. XXI) gibt er ganz kurze Beschreibungen von 78 Seen, denen im letztgenannten Hefte für einige von ihnen Tiefenkarten in verschiedenem Maßstab beigefügt sind, die aber nur den Charakter von Skizzen tragen. Eine große Zahl ausgearbeiteter Tiefenkarten befindet sich im Manuskript im Archiv des westpreußischen Fischereivereins. Kopien davon sind der königlich geologischen Landesanstalt überwiesen worden, welche dieselben in ihren geologischen Karten zu verwerten beabsichtigt, was natürlich längere Zeit dauern kann. Auf Grund dieser Karten, deren Exaktheit ich nicht kontrollieren kann[1]), hat *Seligo* einmal in den „Beiträgen zur Landeskunde Westpreußens, Festschrift zum 15. Deutschen Geographentag. Danzig 1905" und sodann in den „Schriften der naturforschenden Gesellschaft zu Danzig 1906" eine Reihe morphometrischer und sonstiger Angaben gemacht, denen wir folgende Daten entnehmen. Es gibt 1856 Seen, welche mindestens 2 *ha* groß sind, sie nehmen ein Areal von 59.689 *ha* ein; 1372 Seen mit 41.741 *ha* Fläche kommen auf den westpreußischen Teil der Pommerschen Seenplatte, während der Rest auf die Seen östlich der Weichsel entfällt. Von letzteren sind 84 Seen über 50 *ha* groß ausschließlich des nicht in der Seenplatte liegenden Drausensees. Ein Vergleich mit der Seenentwicklung in Ostpreußen auf Grund der Zahlen von *Braun* und *Bludau* ergibt, daß die Seen in beiden Provinzen annähernd

[1]) Leider verschmäht *S.* noch immer die Verwendung einer Lotmaschine und beschränkt sich auf Benützung einer Hanfleine, zumeist nicht zum Vorteil seiner oft so mühsamen und sehr dankenswerten Messungen.

gleich verteilt sind, wenn auch das Gesamtareal der stehenden Gewässer in Ostpreußen dank den gewaltigen Flächen des Spirdingsee- und des Mauerseekomplexes erheblich größer ist. Die seenreichsten Kreise Westpreußens sind Rosenberg (5·1%), Konitz (4·8%), Karthaus (4·7%) und Berent (3·8%), im Durchschnitt sind 2·3% der Provinz mit Seen bedeckt. Der bei weitem größte See Westpreußens ist der Geserichsee (3228 *ha*), welcher aber nur eine größte Tiefe von 12 *m* erreicht; der tiefste ist der Weitsee (55 *m*), welcher, obwohl er an Größe (1422 *ha*) auch hinter dem Drausensee und dem Zarnowitzersee zurücksteht, das größte Volumen (175 Mill. m^3) besitzt. Außer den eigentlichen Seen kommen an kleineren stehenden Gewässern, von *S.* Pfuhle genannt, noch etwa 6000 vor. Leider wird nicht bemerkt, in welchen Gegenden der Provinz sie am häufigsten auftreten. Auf die übrigen Ergebnisse der Untersuchungen *Seligos* werden wir im 3. Teil zurückkommen.

Namensverzeichnis der behandelten Seen.

	Seite		Seite		Seite
Aachen	32	Bolsena	23	Debrong	67
Aegeri	46	Bothkamper	63	Deeper	65
Alleghe	44	Bourget	32	Deglio	40
Alpnacher	31	Brienzer	48	Devna	26
Altaußeeer	33	Bugomirsko	26	Dhulough	19
Ammer	34	Bukura	30	Dratzig	68
Amsoldinger	45	Bütz	60	Drausen	69
Angern	2	Bythiner	66	Dulyn	19
Anna, St.	30	Cadagno	44	Egl	43
Annecy	32	Caillaouas	21	Einziger	43
Arend	68	Caldera	23	Enare	5
Arnar	16	Campfer	45	Engstlen	45
Artouste	21	Cap de Long	21	Erieht	18
Atter	33	Caputher	56	Esrom	17
Aubert	21	Cawlyd	19	Estom	21
Aumar	21	Cepich	41	Faistenauer Hinter	42
Awe	18	Cesky	29	Fimon	41
Aweyden, Gr.	69	Chottschower	65	Flemhuder	62
Balaton	28	Chrzypko	66	Formarin	44
Bandakvatn	14	Cinto	22	Frassino	37
Beehen	60	Clencullin	19	Frickenhäuser	53
Berdenisch	8	Codilago	40	Froschsee, Gr.	29
Berliner	63	Comer	32	„ Kl.	29
Bettaniella	22	Conventer	61	Fure	17
Bieler	32	Commishingamm	20	Fuschl	33
Bjeloje	9	Cremminer, Gr.	55	Garda	32
Boden	31	Czoos	69	Garren	61
Bologoje	9	Daniele	37	Gaube	21

	Seite
Genfer	32. 51
Geserich	70
Giper	43
Glanz	43
Glass	18
Glienicker	58
Gluchoje	9
Gmundner	33
Goplo	65
Gornje Blato	26
Gredos	23
Greifen	47
Grimsel	45
Grün	29
Grundl	33
Grunewald	56
Gurka	65
Haderslebener	63
Hald	17
Halen	57
Hallwiler	47
Hauki	5
Hechten	43
Heiliger	58
Hemmelsdorfer	62
Hertha	63
Héviz	28
Hintersteiner	43
Hinzen, Gr.	29
Hirschberger Großteich	29
Hóp	17
Horma	6
Hornafvan	10
Hornindals	14
Hourtin	20
Hrauns	16
Hval	16
Hvit	5
Ilgeden	65
Irr	33
Irtiasch	8
Iseo	37
Kämmerer, Gr.	55
Kalischauer	66
Karineken	56
Kaspi	7
Kastel	41
Katrine	18
Keitele	4
Kekrimois-Uhlfeld	2
Kessel	65
Ketscher	65
Kilpis	6
Kissain	68
Klöntaler	46
Klossowski	67
Knauer	54
Kochel	52
Kolmarer Stadt	66
Königssee	33, 52
Kort	67
Kremmener	58. 60
Krumme Lanke	57
Küssnacher	31
Kyros	5
Lacanan	20
Ladoga	6
Lagarflyot	16
Lago di	37
Lagow	60
Längs	43
Lang	15
Launer	66
Lavagnone	37
Legiener	67
Linewitz	56
Litvorovy	29
Llydaw	16
Lochy	18
Lojo	5
Lomond	18
Löwentin	68
Lucendro	44
Lübbe, Gr.	55
Luganer	32
Luggewieser, Gr.	65
Lukomlja	8
Lunzer	41, 49
Lüscher	48
Madü	63
Maggiore (Korsika)	22
„ (Italien)	32
Mälaren	12
Malgomay	10
Malitsch	65
Marano	25
Maree	18
Maria S.	38
Märjelen	49
Martin S. de Castañeda	22
Mauer	68
Medvetó	28
Meerauge	29
Mezzola	41
Miguelou	21
Mikla	17
Millstätter	32
Mjösen	14
Mohriner, Gr.	59
Mondsee	33, 43
Monte Rotondo	22
Monticchio	24
Montiggler	44
Morav	18
Morto	38
Müritz	60
Murter	32
My	16
Nafovey	19
Näsi	3
Nedre	15
Ness	18
Neuenburger	32
Neusiedler	29
Niepruszewoer	66
Nikolas	57
Nikratjövn	16
Nino	22
Nixen	1
Nurmo	9

	Seite		Seite		Seite
Ober	2	Schaal	61	Tinn	14
Oden	13	Scharmützel	58	Tjustrup	17
Oegel	55	Schermützel	59	Thucken	69
Oeschinen	46, 48	Schilling	67	Tom	44
Okull	67	Schlier	52	Torne	11
Oo	21	Schönenboden	48	Trasimeno	24
Oredon	21	Schwarzer (Tatra)	29	Treig	18
Oresjön	11	Schwarzer (Hinterpommern)	65	Tremorgio	44
Oriente, dell'	22	Schwersetzer	65	Tschetsch	60
Orsa	10	Scuro	44	Uruskul	8
Orta	32	Seeburger	54	Uweldy	8
Ossiacher	32	Selenter	62	Vesi	5
Oświowo	25	Sella	44	Vessmann	12
Ovrevand	15	Sept Laux	21	Vierwaldstätter	31
Paana	4	Shiel	18	Viti	16
Padarn	19	Sildviks	11	Vizaléna	28
Päijänne	3	Siljan	10	Voralp	47
Peyrelade	24	Silser	45	Walch	43
Pflock	29	Silvaplana	45	Walchen	52
Pfrill	1	Skattungar	11	Walen	49
Piaschen	65	Skorradals	16	Weit	70
Pillacker	69	Skorzenciner	66	Weißer	32
Plan	55	Snjoöldu	16	Welikoje	9
Plitvicer	27	Soiern	53	Wenern	12
Plötscher	61	Soldiner	59	Werbellin	58
Popielewoer	66	Sorö	17	Wesslinger	53
Pristanier	18	Sovenigo	37	Wettern	12
Punlavesi	4	Spankauscher	1	Wielki	29
Pyhä	3	Spullers	44	Wigorsch	8
Racine	27	Sseliger	9	Wojm	10
Raipal	1	Stechliner, Gr.	59	Wolfgang	33
Rannoch	18	Storoman	10	Wörth	53
Riemeister	64	Stor	12	Wörther	32
Rikavac	26	Strykowoer	66	Wuchsnig	68
Ruolo	11	Swajitoje	9	Würm	32
Ruotsalainen	4	Taneda	44	Yeguas, de las	23
Ruppiner	58	Tappenkar	43	Zarnowitzer	70
Saadjärw	2	Tay	18	Zéleny	29
Sacrower	58	Tegern	52	Zetzin	55
Saima	4	Thau	20	Zenóga	3
Saltsjön	13	Tiefen	67	Zuger	31, 47, 49
Santa Croce	38	Thingvalla	15	Züricher	31, 34, 49
Säntiser	37			Zürscher	44

Vergleichende Neurologie und Psychologie.

Von Dr. **V. Franz**, Frankfurt a. M.

Unter vergleichender Psychologie versteht man die Psychologie der Tiere, doch wird der Inhalt dieses Begriffes sehr verschieden aufgefaßt. Einige unter den Tierpsychologen möchten in den sichtbaren Verrichtungen der Tiere etwas von dem Innenleben der Tiere lesen, den Begriff Psychologie also bei den Tieren ähnlich auffassen wie bei unseren Mitmenschen, und zwar entweder in der mehr populären Art, welche nur danach fragt, in welcher Weise man mit dem Tiere in Konnex treten, gleichsam mit ihm verkehren kann, oder in mehr wissenschaftlicher analysierender Art. In beiden Fällen aber stößt man auf die zum Quell unendlicher Diskussionen werdende Schwierigkeit, daß das Innenleben anderer Wesen sich der unmittelbaren Beobachtung durch unsere „fünf Sinne" entzieht, und daß wir Annahmen über dasjenige, was im „Innern" der Tiere vorgeht, mit einiger Gewißheit vielleicht höchstens beim Hunde oder bei Affen gewinnen können.

Eine andere Partei der Tierpsychologen, und zwar die in Forscherkreisen zahlreicher vertretene, bilden die, welche „Psychologie ohne Psyche" (Seelenkunde ohne Seele) treiben, in der klaren Erkenntnis, daß es, ganz strenge genommen, niemals möglich ist, zu entscheiden, *was* und ob überhaupt *etwas* zu irgend einem Zeitpunkte im Innern, im Bewußtsein eines Tieres vor sich geht, daß namentlich bei den kaltblütigen unter den Wirbeltieren und bei zahlreichen Wirbellosen — sagen wir einmal bei Seesternen — diese Frage kaum beantwortbar ist, wohl aber eine Gefahr für anthropomorphisierende (vermenschlichende) Annahmen bedeutet. Diese Forscher wollen also das „Verhalten" der Tiere so objektiv wie möglich *beschreiben*, oder höchstens an die Beschreibung noch die „*Erklärung*" anfügen, welche stets eine rein mechanistische, eine rein physikalische bzw. chemische sein muß, da auch den kompliziertesten psychischen Leistungen ein materielles Substrat nicht fehlen kann, und die Kette der rein physischen Kausalvorgänge in sich geschlossen sein muß.

Wir werden es im folgenden mehr mit dieser zweiten Partei der Tierpsychologen halten, und speziell werden wir uns diesmal weniger für das Erklären, als für das einfachere Beschreiben des „Verhaltens" der Tiere interessieren. —

Unter vergleichender Neurologie versteht man natürlich die vergleichende Anatomie des Nervensystems, speziell auch des Zentralnervensystems, des Gehirns.

Wenn ich ein neues Wort hätte prägen wollen, so hätte ich diesen Aufsatz überschreiben können „Vergleichende Neuropsychologie". Wir wollen uns im folgenden mit der Frage beschäftigen, inwieweit das psychologische Verhalten und der Bau des Gehirns bzw. Nervensystems bei den einzelnen Tieren in Beziehung zueinander gebracht werden kann. Damit haben wir unser Thema im Verhältnis zu dem, was man über Psychologie der Tiere überhaupt sagen kann, bereits beträchtlich eingeengt, und das wird zweckmäßig sein, um nicht in der Fülle des Stoffes zu ertrinken. Wir wollen uns auch nicht wesentlich mit der Sinnespsychologie der Tiere befassen, denn daß ein Tier, welches große, gut ausgebildete Augen hat, einerseits gut sieht, andrerseits im Gehirn auch mächtig entwickelte Endstätten der Sehnerven aufweist — diese und ähnliche Beziehungen zwischen den Organen und ihren Leistungen müsen für diesmal zurücktreten gegenüber der Frage nach den verschiedenen Stufen psychischer Tätigkeit im Verhältnis zum Baue des Gehirns resp. des Nervensystems.

Unter den verschiedenen Stufen psychischer Tätigkeit kann man als die hauptsächlichsten vielleicht folgende nennen: Reflexe, Instinkte, Schaffen von Relationen, Assoziationen, Intellekt. Mir scheinen jedoch diese Stufen untereinander nicht gleich hoch, sondern zwischen Instinkten und dem „Schaffen von Relationen", wie *Edinger* die einfachsten Stufen der Assoziationsbildung bezeichnen möchte, besteht ein wesentlicher Unterschied. Reflexe sind diejenigen Verrichtungen, welche in immer ganz konstanter Weise, so daß man also den Erfolg der Reizung sicher voraussehen kann, eintreten. Der dem Zentralnervensystem zugeführte Reiz wird bei ihnen gleichsam wie der Lichtstrahl an einem Spiegel reflektiert und trifft ein peripheres Organ des Körpers, einen Muskel oder eine Drüse, die er zu erhöhter Tätigkeit anregt. Instinkte sind nichts anderes als komplizierte Reflexe oder Ketten von Reflexen. Der größte Teil des komplizierten Lebensablaufes der Ameisen dürfte sich z.B. rein instinktiv abspielen, d. h. er besteht aus Schritt für Schritt aufeinander folgenden Reflexen. Ob dieselben von Bewußtsein begleitet sind oder nicht, diese Frage interessiert uns nach oben Gesagtem hier ebensowenig wie bei dem Assoziationsvermögen mit seinen verschiedenen Stufen, welche sich gegenüber dem reflektorischen und instinktiven Verhalten durch die Ausbildung neuer Leistungen im Leben des Individuums, seien es auch nur neuer Reflexe, also durch die Modifizierbarkeit des Verhaltens der Lebewesen auszeichnet. Ob also ein Tier imstande ist irgend etwas zu **lernen,** das ist eine Prinzipalfrage beim Beschreiben des Verhaltens der Tiere: ein Tier, welches etwas lernen kann, welches Erfahrungen „verwertet", d. h. neue Verbindungen im Nervensystem herzustellen vermag, leistet grundsätzlich mehr als das maschinenmäßig immer im ausgetretenen Gleise arbeitende

Reflex- oder Instinkttier, ja das einfachste Lernen ist von den eminentesten Verstandesleistungen nur graduell verschieden. Dabei ist jedoch das Lernen nicht mit der Übung zu verwechseln, welche nur in der größeren Beschleunigung bereits vorgebildeter Gehirn- bzw. Nervensystemsvorgänge besteht.

Beim Versuche, den Grad der psychischen Leistungen in der angedeuteten Weise mit dem Ausbildungsgrade des Gehirns in Beziehung zu bringen, diesen aus jenem oder jenen durch diesen zu verstehen, werden wir sehen, daß dieses nur in überraschend geringem Grade möglich ist. Neue und zum Teil überraschende Gesichtspunkte ergeben sich ferner daraus, daß zurzeit immer klarer wird, daß, je weiter wir uns im Tierreich vom Menschen entfernen, um so leichter wir dem Irrtum ausgesetzt sind, daß wir bei den Tieren einen zu geringen Grad der Kompliziertheit des „Verhaltens" annehmen, weil nämlich die Beobachtung in entsprechendem Maße erschwert ist, und man sie bei Tieren noch nie in gleichem Maße hat üben können wie beim Menschen, wo sie Sache des psychiatrischen Klinikers und außerdem Gegenstand unserer täglichen Beschäftigung ist. Je weiter vom Menschen entfernt ein Tier in seiner Organisation dasteht, um so leichter entgehen uns die kleineren schwieriger zu beobachtenden Einzelheiten in seinem Verhalten, um so eher laufen wir Gefahr, nur das Gröbste zu sehen; und so hat manche Tiergruppe lange in dem Rufe gestanden, lediglich reflektorische Handlungen vollbringen zu können, obwohl eingehende Beobachtungen schließlich beträchtlich mehr als bloß reflektorische Leistungen nachweisen konnten und in dieser Hinsicht immer noch am ehesten Überraschungen zu gewärtigen sind (siehe z. B. die unten folgenden Angaben über Amphibien und Fische). Die Mehrzahl der Tiere ist in psychologischer Hinsicht nicht ganz so „nieder", wie man es ihnen manchmal zugeschrieben hat.

Es ist damit etwas Ähnliches, wie mit den körperlichen Merkmalen. Weit verbreitet ist die Vorstellung, daß der Mensch in seiner ganzen Organisation Endglied und Höhepunkt der Tierreihe darstelle, da ja die dem Menschen verwandtschaftlich entfernter stehenden Tiere in jeglicher Hinsicht einfacher organisiert seien. Dieses Urteil beruht großenteils nur darauf, daß man bei dem vorherrschenden Interesse, welches gegenüber den übrigen Lebewesen der Mensch aus praktischen Gründen verdient, den Bau der Tiere oft zunächst von dem Gesichtspunkte aus betrachtete, inwieweit sie die Eigentümlichkeiten des Menschen auch haben. Natürlich gehen ihnen so und so viele ab, und deswegen erscheinen sie „nieder". Genaueres Zusehen, genaueres Eingehen auf die Eigenarten ihrer Organisation läßt aber bei den Tieren in der Regel eine Unzahl von Merkmalen erkennen, die dem Menschen fehlen, so daß die Frage, ob das betreffende Tier viel niedriger steht, unentscheidbar wird oder zu verneinen ist. Zu diesen Anschauungen, deren Überwindung gerade jetzt ihr erstes Stadium hinter sich hat, gehört die von der Entwicklung „von der Amöbe bis her-

auf zum Menschen", die aufzugeben ist, ohne daß man die Entwicklungslehre überhaupt aufgeben würde. Hierher gehört auch die Behauptung, daß der Mensch das größte und das windungsreichste Gehirn habe, was beides nicht zutrifft.

Dieser hier nur kurz angedeutete Umschwung in unseren Anschauungen wird unter anderem dadurch gekennzeichnet, daß ein Anthropologe, wie *Klaatsch*, sich zu dem Ausspruch herbeiläßt, der Mensch sei jetzt nicht mehr die Krone der Schöpfung, und daß ein Protistologe, wie *C. Clifford Dobell*, die Ansicht verteidigt, die Protisten seien weder die einfachsten noch die Urlebewesen, sondern sie seien von ganz anderer Organisation als die mehrzelligen Tiere und Pflanzen. In gewissem Sinne kann man in der Tat dem alten *Ehrenberg* Recht geben, welcher die „Infusionstierchen als vollkommene Organismen" bezeichnete, womit er freilich infolge offenkundiger Fehlauffassungen in untergeordneteren Dingen hernach den Verfechtern der Lehre von der unvollkommenen Organisation der Einzelligen unterlag.

Ich gehe auf diese allgemeinen Dinge hier aus Rücksicht auf den Raum nicht weiter ein, zumal es an anderer Stelle geschehen ist. Ob es zu utriert war, Unterschiede der Organisationshöhe im Reiche des Lebenden überhaupt abzuleugnen, mag die Zukunft lehren. Daß an psychischen Leistungen der Mensch von irgend einem Tiere übertroffen würde, hat noch niemand nachweisen wollen. Jedenfalls ist es gut, sich der Ausdrücke „höhere" und „niedere Tiere" zu enthalten, da in ihnen stets die Gefahr liegt, nach altem Brauche das menschenähnlichere Tier für das höhere zu erachten und in die verschiedenen Tierformen in physischer wie in psychischer Hinsicht Abstufungsreihen hinein zu interpretieren, die lediglich Abstufungsgrade der Menschenähnlichkeit sind und nicht im Wesen der Sache liegen. Was speziell die Wirbeltiere betrifft, so werden wir sehen, daß in Bau und Leistungen des Gehirns nicht die Fische, die „unterste" Wirbeltierklasse, als die einfachsten, gleichsam „niedersten" dastehen, sondern die Amphibien, die vielleicht auch hinsichtlich ihres ganzen Körperbaues mit den Fischen um die Ehre, dem Urwirbeltier näher zu stehen, konkurrieren könnten.

Wohl in teils unbewußter, teils bewußter Opposition gegen das populäre Bestreben der Vermenschlichung der Tiere hat die wissenschaftliche psychologische bzw. hirnphysiologische Forschung die Mehrzahl der Tiere vom Menschen manchmal etwas weiter abgerückt, als sie es verdienen. Um im Pendelschlage der Meinungen der „goldenen Mittelstraße" möglichst nahe zu kommen, dürfte es daher einmal angebracht sein, bei allen Tieren weniger auf die erstaunliche Einfachheit der vom Nervensystem abhängigen Vorgänge, als auf die uns bekannt gewordenen Höchstleistungen hinzuweisen. Dabei kann es auch nicht unzweckmäßig sein, wenn wir unseren Anfang nicht bei den Protozoen, nicht bei den Wirbellosen, sondern vielmehr beim Menschen und den Säugetieren nehmen. Sonst kämen wir wiederum dazu, uns über die „Tropismen" als die einfachsten Reflexe und

gleichsam als die tierpsychologischen Elementarvorgänge zu freuen, obschon sie sich beim Säugetier und Vogel geradesogut erzielen lassen wie beim Spaltfußkrebs, wenn man jene nur in ebenso gekünstelte Bedingungen bringt, wie dieser sie im Planktonglase vorfindet.

1. Homo sapiens.

Neben dem Dogma, daß der Mensch das größte und windungsreichste Gehirn unter allen Tieren habe, steht das zweite, daß innerhalb der Spezies Homo sapiens die Größe und der Reichtum an Windungen des Gehirns sich steigere mit zunehmender Kultur und Intelligenz. Es ist populär, dies in erster Linie von dem Reichtum an Windungen (und Furchen) zu behaupten, während wissenschaftliche Untersuchungen in der Größe des Gehirns, d. h. in seinem Gewichte eine bequemere Handhabe finden.

Wenn man vom Gehirn des Menschen spricht, so meint man damit in der Regel nur das Großhirn, welches ja den bedeutendsten Anteil an der Zusammensetzung des ganzen Gehirns hat. Ganz strenge genommen wäre allerdings unter „Gehirn" außer dem Großhirn auch das Kleinhirn, das unter der Großhirnmasse recht verborgene Zwischen- und Mittelhirn und das verlängerte Rückenmark, die Medulla oblongata, zu verstehen; doch geht man wohl nicht weit fehl in der Annahme, daß diese letztgenannten Hirnteile sämtlich in erster Linie unbewußt bleibenden Hirnfunktionen dienen und in ziemlich starrer unmodifizierbarer Weise arbeiten, während das Assoziationsvermögen und alle bewußt werdenden Vorgänge in der Rinde des Großhirns ihren „Sitz" haben.

Allerdings rechnen manche Ärzte — darauf macht mich besonders Dr. *Kohnstamm* aufmerksam — mit der Möglichkeit, daß z. B. das Schwindelgefühl im Kleinhirn lokalisiert sei und das Übelkeitsgefühl im verlängerten Rückenmark, insbesondere im Endkern des Eingeweidenerven (Nervus vagus). Immerhin wären diese extracortical[1]) lokalisierten Bewußtseinsinhalte so geringfügig gegenüber den sonstigen, daß wir wohl berechtigt sind, für unsere Betrachtungen zur „vergleichenden Neurologie und Psychologie" beim Menschen nur die Beziehungen zwischen den geistigen Fähigkeiten und der Ausbildung des Großhirns zu berücksichtigen — so sehr wir uns auch die Möglichkeit extracorticaler Bewußtseinsvorgänge für unsere späteren Darlegungen im Gedächtnis notieren wollen.

Die Anschauung, daß das Gehirn sich mit der Kulturhöhe vergrößere, die auch zeitweilig die Form angenommen hat, daß die Völker Europas andere an Hirngewicht übertreffen, befindet sich zurzeit in interessanter Weise in Defensive gegenüber der wahrscheinlich berechtigteren Lehre, daß eine solche gesetzmäßige Abhängigkeit nicht erkennbar sei und daß vielmehr die großen Unterschiede im Gehirngewicht auf andere Ursachen als auf Unterschiede im Intelligenzgrade zurückgeführt werden müssen.

[1]) Cortex = Rinde, Großhirnrinde.

J. H. F. Kohlbrugge hat neuerdings die einschlägigen Tatsachen übersichtlich zusammengestellt[1]), so daß wir sie wesentlich nach diesem Autor referieren können.

Schon unter den europäischen Völkern gibt es schwerhirnige und leichthirnige. Schwerhirnig sind z. B. die Hannoveraner, Badenser, Schotten, Engländer, Russen, Schweden, Böhmen (Gehirngewicht 1400—1446 *g*), leichthirnig dagegen sind Franzosen, Österreicher, Schweizer und Sachsen, mit Gehirngewichten von 1265—1358 *g* (Mittelwerte für die einzelnen Völker). Man kann wohl nicht die Behauptung aufstellen wollen, daß die schwerhirnigen Menschen intelligenter wären als die leichthirnigen. Auch bei den Negern scheint es schwerhirnige und leichthirnige Völker zu geben. In Rußland haben die die Herrschaft führenden Großrussen ein leichteres Gehirn als die beherrschten russischen Völker.

Die europäischen Völker übertreffen keineswegs andere an Gehirngewicht, sondern die Japaner und vor allem die Chinesen überragen den europäischen Durchschnitt des Gehirngewichtes durchaus. Dasselbe gilt bis zu gewissem Grade von den Eskimos. Die Kanarier und sogar die Feuerländer haben anscheinend größere Gehirne als die Europäer.

Allerdings haben die Australier den kleinsten Schädelinnenraum unter allen Menschenrassen. Doch das ist wohl nur e i n e Tatsache gegen viele.

Oft ist betont worden, daß die berühmten Männer an Gehirngewicht die Durchschnittsmenschen überträfen. *Kohlbrugge* zeigt uns, daß dies weder immer zutrifft, noch auf höherer psychischer Dignität — die wohl eher in der feinsten struktuellen Ausbildung des Gehirns beruhen dürfte zurückgeführt werden muß. Vor allem hat *Matiegka* nachgewiesen, daß hoher Wuchs, starker Knochenbau, gute Ernährung und mächtige Muskulatur auch stets mit erheblicher Gehirnschwere einhergehen, so daß der Einfluß der Ernährung auf das Hirngewicht unverkennbar ist. „Die berühmten Männer behielten also nur so lange ihren Vorsprung," sagt *Kohlbrugge*, „als man vergaß, daß die gute Ernährung großen Einfluß auf das Hirngewicht hat und sie deshalb mit dem gewöhnlichen Krankenhausmaterial verglich."[2])

Läßt sich also schon bei der Vergleichung der Menschen und Menschenrassen untereinander keine Beziehung zwischen Gehirngröße und Geistesentwicklung feststellen, so können wir uns schon denken, daß dies

[1]) *J. H. F. Kohlbrugge*, Kultur und Gehirn. Biolog. Zentralbl., Bd. 31, 1811.

[2]) Hierzu gibt es auch andere Ansichten, welche, schon der Objektivität halber, hier zu Worte kommen mögen. So gelangt *Bayerthal* (Über den gegenwärtigen Stand der Frage nach den Beziehungen zwischen Hirngröße und Intelligenz. Arch. f. Rassen- u. Gesellsch.-Biologie, 1906) auf Grund neuer Messungen zu dem Ergebnis: „Eine hundertjährige Erfahrung hat die Annahme *Galls* bestätigt und das, was *Broca* für erwiesen hielt, nämlich daß das Hirngewicht g e n i a l e r Menschen das Mittel überschreite, in das Bereich der Wahrscheinlichkeit gerückt. Jedenfalls haben wir das Recht, bis auf weiteres bei einem Kopfumfang von 56 *cm* und weniger Genialität auszuschließen." — Die Möglichkeit einer Umdeutung dieser Erfahrungen im oben auseinandergesetzten Sinne ist aber nicht von der Hand zu weisen.

bei der Vergleichung verschiedener Tierarten untereinander noch viel schwieriger sein wird. Denn vergleichen kann man strenge genommen nur „ceteris paribus" und die einzelnen Tierarten sind untereinander weniger gleich als die Menschenrassen. Daß wir dennoch zu einem positiven Ergebnisse kommen werden, weil nämlich die Unterschiede in der Gehirnbildung bei den verschiedenen Tieren ungemein groß sind, sei vorläufig nur nebenbei zum Troste für den Leser gesagt.

Fragen wir zunächst noch, ob eine Zunahme des Windungsreichtums beim menschlichen Gehirne mit zunehmender Kultur und Intelligenz bemerkbar sei. *Kohlbrugge* leugnet auch dieses ab und legt dar, daß die gegenteilige Auffassung immer nur an durchaus ungenügendem Material, nämlich an geringem, zur Ausschaltung von Zufälligkeiten nicht hinreichenden Zahlen von Gehirnen gewonnen sei. *Kohlbrugge* hat 59 Gehirne von Malaien untersucht und kam zu dem Resultat, daß dieses recht niedrig stehende Volk kein einfacheres oder prinzipiell anders beschaffenes Gehirn habe als die höheren Kulturrassen.

Ist somit auch der Windungstypus des ganzen Gehirns nicht in eine einfache Beziehung zur Höhe der Gehirnleistung zu setzen — wir kommen übrigens später noch bei Tieren auf mancherlei Tatsachen zu sprechen, die den Windungsreichtum unabhängig von der psychischen Leistungsfähigkeit beeinflussen —, so dürfte dennoch eine Vergrößerung und kompliziertere Furchung bestimmter Hirnteile manchmal mit der besonderen Entwicklung bestimmter Fähigkeiten zusammenhängen, obwohl sich von vornherein genug gegen diese Annahme anführen ließe, nämlich 1. daß eine besondere Leistungsfähigkeit eines bestimmten Hirnteils allein von größerer geweblicher Feinheit desselben ohne äußerlich erkennbare Unterschiede abhängen könnte, 2. daß bei Vergrößerung eines bestimmten funktionellen Gehirngebietes sich die betreffende Rindenpartie weder zu verdicken noch stärker zu falten braucht, sondern sich mit ihrem Rande vorschieben und dann zum Teil Gebiete einnehmen kann, in denen sonst andere Funktionen lokalisiert sind.

Der redegewandte *Gambetta* besaß an seinem Gehirn eine ungewöhnlich entwickelte Sprachgegend (Basis der 3. Stirnwindung). Den ungewöhnlichen Windungsreichtum des Stirnhirns bei hochbegabten Männern betont besonders *Edinger*, der als Beispiele die Gehirne von *Helmholtz, Lorèn* (Mathematiker), *Bunsen, Mommsen, Menzel* und einem mittelbegabten Sonderling, der 54 Sprachen beherrschte, erwähnt.[1]) Bei mehreren Musikern fand sich — nach *Siegmund Auerbach* — eine Vergrößerung der ersten Schläfenwindung auf der linken Gehirnhälfte, und bei *Hans v. Bülow* hatte sich diese zu einer derartigen Kompliziertheit entwickelt, daß sie als einziger Windungszug kaum noch zu erkennen war. Diese Tatsachen, die also eine Beziehung zwischen Gehirn- und Geistesentwicklung bei in be-

[1]) *L. Edinger*, Vorlesungen über den Bau der nervösen Zentralorgane. 8. Aufl. Leipzig 1911.

stimmter Weise veranlagten Menschen erkennen lassen, sind wohl kaum bestreitbar, im übrigen aber sehen wir auch bezüglich des Windungsreichtums des Gehirns, daß hier etwaige Beziehungen zwischen der Organisation des Gehirns und der Höhe seiner Leistungen gar nicht so klar zutage liegen, wie gemeinhin angenommen wird. Wir zweifeln nicht, daß bei größerer geistiger Leistungsfähigkeit die Größe und der Windungsreichtum des Gehirns erheblicher werden kann, doch ist es sehr schwer, diesen für die Gestaltung des Gehirns wichtigen Faktor für unser Verständnis klar von sonstigen, welche gleichfalls die Gehirngestaltung maßgebend beeinflussen, herauszuschälen.

2. Säugetiere.

Wir wollen uns nicht entmutigen lassen, wenn auch bei den Säugetieren die Resultate an Beziehungen zwischen Neurologie und Psychologie nur gering ausfallen. Die Gründe, weshalb dieses so ist, sind interessant genug.

Vorab sei bemerkt, daß wir es auch bei den Säugetieren — wie beim Menschen — nur mit dem Großhirn zu tun haben werden, denn es scheint eine berechtigte Annahme, das die komplizierteren und mit Bewußtsein verbundenen Gehirnverrichtungen im wesentlichen an das Großhirn geknüpft sind, obschon — wie der großhirnlose Hund von *Rothmann* zeigt — die nach Entfernung des Großhirns verloren gegangenen Fähigkeiten von dem operierten Tiere allmählich wiedererlangt werden können, so daß dann andere Hirnteile als Ersatz für das Großhirn offenbar noch eintreten können, gleichsam in alter Erinnerung an eine ehemals weniger eng lokalisierte höhere psychische Tätigkeit im ganzen Gehirn.

Zunächst ist nunmehr einiges gegen den Glauben zu sagen, daß das Großhirn in der Säugetierreihe „mit aufsteigender Entwicklung" an Größe und Windungsreichtum zunehme.

Was ist zunächst die Säugerreihe, was heißt hierbei aufsteigende Entwicklung? Nur wenn wirklich der Mensch in irgend einer Weise das Endglied wäre und das Schnabeltier das Anfangsglied, wäre mit jenen Worten etwas gesagt. In Wahrheit stellt aber die Gruppe der Schnabeltiere und ebenso die der gleichfalls als niedere Säugetiere bezeichneten Beuteltiere je einen besonderen Zweig dar, der neben, nicht unter den der übrigen Säugetiere (der Placentalier) geordnet ist. Daß in jenen beiden Gruppen Gehirnentwicklung und Intelligenz geringer sind als in dieser, müßte also erst erwiesen werden, und die Annahme, daß es so ist, wurzelt zum Teil nur in dem oben bereits hinlänglich besprochenen alten Glauben an die im Menschen gipfelnde Abstufung der tierischen Organisationen.

Wir dürfen also nicht mit entwicklungsgeschichtlichen Vorurteilen an die Betrachtung der Gehirne herantreten, sondern müßten möglichst jedes einzelne Gehirn gleichsam für sich auf seine Eigenschaften hin untersuchen.

Daß nun der Mensch das größte Gehirn habe, trifft in bezug auf die absolute Größe natürlich nicht zu. Jedermann wird es für selbstver-

ständlich halten, daß Elefanten und Walfische größere Gehirne wie auch größere Körper haben als der Mensch, und man wird sie deshalb nicht für besonders intelligente Tiere halten, so wenig wie man der kleinen Maus wegen der absolut geringen Kapazität ihres Schädels einen besonderen Intelligenzmangel zusprechen wird.

Aber auch an relativer Größe des Gehirns, d. h. an Gehirngröße im Verhältnis zur Körpergröße, steht weder der Mensch unter den Tieren obenan, noch findet sich bei den Säugetieren eine deutliche Reihe zunehmender relativer Gehirngröße. Vergleicht man nämlich das Hirngewicht mit dem Körpergewicht, so zeigt sich, daß der Wert für das relative Hirngewicht ungemein verschieden ausfällt, und daß er insbesondere bei kleinen südamerikanischen Affenarten (Pinseläffchen, Hapale) erheblicher ist als beim Menschen. Dies dürfte sich aus zweierlei Gründen erklären: einmal nämlich zeigt sich durchgängig, daß kleine Tiere ein relativ größeres — absolut natürlich kleineres — Gehirn haben, als die ihnen nächstverwandten größeren Arten, ebenso auch junge Tiere ein relativ größeres als ältere, wofür wir schon die Größe des Kopfes beim neugeborenen Menschen als Beleg anführen können; offenbar ist eine gewisse Hirngröße zum geeigneten Funktionieren der Gehirnzellen, die eben nicht unter eine gewisse Größe herabgehen können, erforderlich; zweitens kommt hinzu, daß jene kleinen Affen von außerordentlich leichtem Körperbaue sind, die Natur hat bei diesen Baumtieren wie auch bei den „leichtbeschwingten" Vögeln so viel wie möglich an Körpermasse gespart, und daher fällt bei ihnen (wie auch bei den Vögeln) das relative Hirngewicht ungewöhnlich groß aus.

Man sieht, in diesem Falle wäre es richtiger, nicht zu sagen, das Gehirn ist im Verhältnis zum Körper groß, sondern der Körper ist im Verhältnis zum Gehirn klein. Bei klarer Überlegung ist weiterhin kein Zweifel, daß es ein einheitliches Maß für die verschiedenen Tierkörper überhaupt nicht gibt, denn diese sind von sehr verschiedener Bedeutung. Ein Schwimmer wie die Wale braucht natürlich viel mehr Muskelmasse als ein Landtier, darf sich auch gleich manchem Landtiere viel mehr Fettmassen erlauben als z. B. die Fledermäuse. Alle diese und ähnliche Tatsachen beeinflussen natürlich das relative Hirngewicht, so daß uns der bloße Anblick einer Tabelle nicht nur gar nichts sagt, sondern wir sogar alle Mühe haben, mit Verstand und Nachdenken etwas in den Zahlen zu lesen. Was speziell den Menschen betrifft, so beruht die erhebliche Gehirngröße bei ihm gegenüber derjenigen der Affen wohl zum Teil auf der geringen Entwicklung des menschlichen Körpers, denn es ist kein Zweifel, daß der menschliche Körper in vielfacher Hinsicht rudimentär und längst nicht so kräftig ausgebildet ist wie der der größten, die Körpergröße des Menschen aber doch nicht erreichenden Affen.

Man hat auch manchmal die Entwicklung der Großhirnrinde im Verhältnis zu den übrigen Hirnteilen betrachtet und darin neuropsychologisch verwertbare Daten gesucht. Ob es nun mit unseren Erwartungen überein-

stimmt, daß man dabei bei der Fledermaus eine geringe und beim Gürteltier eine mittelmäßige Entwicklung der Hirnrinde gefunden hat, möchte ich dahingestellt sein lassen, wogegen eine überwiegende Entwicklung der letzteren namentlich bei denjenigen Säugergruppen, welche der Hauptsache nach aus großen Tieren bestehen, wie Huftiere, Raubtiere und namentlich Affen, wohl zuzugeben ist. *Edinger* betont dabei besonders die in etwa dieser Reihenfolge zunehmende Entwicklung des Stirnlappens, welcher beim Känguruh sehr klein, bei Katze, Ziege, Halbaffen schon größer, beim Hunde und Affen noch mächtiger und überragend beim Menschen entwickelt ist.

Fassen wir das über die Großhirngröße bei den verschiedenen Säugetieren Gesagte zusammen, so sehen wir uns zunächst aus dem Bereich exakter Messungen durchaus in das Gebiet subjektiver Schätzungen verwiesen, da die Gehirngröße bei verschiedenen Tierarten von einer noch größeren Anzahl von Variablen abhängt, als innerhalb einer Tierart, z. B. des Menschen. Wüßte man nicht, daß wir beim Menschen besondere Intelligenzgrade antreffen — es ist fraglich, ob dann jemandem die erhebliche Gehirnentwicklung des Menschen bereits aufgefallen wäre. Fast möchte man sich fragen, ob sie nun wirklich vorhanden ist oder ob wir sie nur in die Tatsachen hinein interpretieren. Doch wollen wir, bis zum Beweise des Gegenteils, nicht nach exakten Messungen, wohl aber nach ungefähren Schätzungen beim Affen und beim Menschen eine mächtigere relative Gehirnentwicklung als bei den übrigen Säugetieren, in Korrelation mit höherer psychischer Entwicklung zugeben.

Dies dürfte denn auch mit psychologisch feststehenden Tatsachen vereinbar sein, denn daß die Affen an Intelligenz die übrigen Säugetiere etwas überragen, wird man zugeben können. In dieser Hinsicht dürfte namentlich ihre sprichwörtliche Nachahmungslust in Betracht kommen, oder fällt uns diese nur deshalb gerade bei den Affen am meisten auf, weil diese Tiere vermöge ihrer ganzen körperlichen Organisation natürlich besser als andere Tiere dazu geschaffen sind, gerade den Menschen nachzuahmen? Kaum jemand wird mir widersprechen, wenn ich sage, die Gesamtheit der Säugetiere steht hinter dem Menschen zurück durch die Unfähigkeit zur Begriffsbildung. Statt von einer Unfähigkeit sollte man lieber von einer geringeren Fähigkeit sprechen, und es wäre vielleicht doch möglich, daß, uns unbekannt, dieses Vermögen bei den Säugetieren in wesentlich höherem Maße entwickelt ist, als wir bis jetzt meist annehmen, wobei die Frage ist, ob der beim klugen Hans und den Elberfelder Pferden beschrittene Weg der richtige ist, um es nachzuweisen. Diese psychologischen Dinge sind ebenso stark den Diskussionen unterworfen wie die anatomischen. Wir haben also nicht einmal „die Teile in der Hand". Wo bleibt das geistige Band?

Man wird sagen, unsere anatomischen Betrachtungen seien einseitig, so lange wir nicht die Struktur des Gehirns berücksichtigen.

Was nun den Windungsreichtum des Gehirns betrifft, so wäre es wohl unrichtig, anzunehmen, daß er in der „Säugerreihe" eine zu-

nehmende „Vervollkommnung" aufwiese. Unter den Schnabeltieren hat die eine Art, Ornithorhynchus, zwar ein sehr glattes Gehirn, aber bei einer anderen Art, Echidna, weist die Hirnoberfläche erstaunlich viele Falten auf. Manche Gehirne sind reicher gefurcht als das menschliche, so z. B. das des Seehunds. Für die Furchungsstärke ist vor allem die absolute Größe des Gehirns von maßgebender Bedeutung. Offenbar muß ein großes Gehirn tiefer gefurcht sein als ein kleines, damit die Blutgefäßstämme nahe genug an das Innere der Hirnmasse herantreten können. So finden wir unter den Nagetieren z. B. beim Stachelschwein ein viel reicher gefurchtes Gehirn als bei der Maus, und ganz entsprechendes gilt sogar von Affen, wo die kleinen Pinseläffchen eine ganz glatte Gehirnoberfläche haben, wie ein menschlicher Embryo. Im Sinne der Abhängigkeit der Furchungsstärke von der absoluten Größe des Gehirns ist auch die ungemein reiche Furchung des Walgehirns und des Elefantengehirns zu deuten, und auf Rechnung dieser Abhängigkeit ist auch großenteils die starke Furchung des menschlichen Gehirns zu setzen. Wir sehen also, reiche Gehirnfurchung beweist durchaus nicht sogleich reiche Entwicklung der Gehirntätigkeit. Außer von der absoluten Größe des Gehirns ist übrigens die Furchungsstärke sicher noch von anderen Momenten, die wir nicht kennen, abhängig. Unerklärt ist für uns der erwähnte Unterschied zwischen den beiden Schnabeltierarten, unerklärt ist, warum die Sirenen eine für ihre Größe (und die Größe ihrer Gehirne) erstaunliche Glattheit der Gehirnoberfläche aufweisen. Wir werden auf Grund dieser Unterschiede in der Gehirnfurchung wohl kaum entsprechende Unterschiede in der psychischen Entwicklung der betreffenden Tierarten annehmen dürfen.

Auch die innere Struktur des Gehirns gibt uns keinen sicheren Anhaltspunkt. Auffällig ist zwar, daß kleine Gehirne aus einer geringeren Anzahl von Zellen bestehen als größere, z. B. das Katzengehirn aus weniger Zellen als das Tigergehirn, obwohl die Katze nicht weniger intelligent sein wird als der Tiger. Dieser Strukturunterschied hängt nur damit zusammen, daß die Größe der Zellen bis zu gewissem Grade eine gegebene ist, und daß auf größerem Raume mehr von ihnen Raum finden als auf kleinerem. Eine größere Gehirnzellenzahl braucht jedoch nicht notwendig zu einer größeren Menge von Gehirnleistungen zu befähigen, als eine kleinere, sondern es müssen wohl manchmal viele Leistungen auf eine Anzahl Zellen verteilt sein, die das andere Mal nur einer Zelle zufallen, so daß also die Zerteilung der Masse in eine bestimmte Anzahl Zellen nicht das für die spezifische Funktion des Gehirns Wesentliche ist. Wenn die Neurofibrillenlehre damit im Rechte ist, daß die die Nervenfasern und -zellen durchziehenden feinen Fäden, die Neurofibrillen, die reizleitenden Elemente sind (und nicht skelettartige Stützgebilde, wie einige mit nicht sicher widerlegbaren Gründen annehmen), dann wäre völlig erklärt, daß das eine Mal eine kleine, das andere Mal eine größere Zellenzahl zu einer bestimmten Verrichtung befähigt ist, denn dann wären ja nicht die Zellen, sondern die innenliegenden Neurofibrillen die spezifisch funktionierenden Elementargebilde. Dann

hätte die gepriesene Neurofibrillenlehre auch einmal einen gewissen Erklärungswert.

Wenn die Zahl der Zellen für die Leistungsfähigkeit des Gehirns nicht maßgebend ist, dann ist es vielleicht die Gesamtzahl der Fibrillen in den Zellen. Aber wegen der Unzulänglichkeit unserer hierfür in Betracht kommenden technischen Methoden können wir diese Zahl nicht feststellen, geschweige denn sie bei den verschiedenen Tieren miteinander vergleichen.

Auch könnte man daran denken, daß die Anzahl der Verzweigungen und Verästelungen der Gehirnzellen und die Feinheit dieser bäumchenartigen Bildungen einen Maßstab für die Leistungsfähigkeit des Gehirns abgäbe. In der Tat steht in dieser Hinsicht das Kind hinter dem erwachsenen Menschen noch weit zurück. Aber bezüglich der Tiere sind unsere Erfahrungen hierüber noch nicht hinreichend, um auch nur einen Versuch einer Vergleichung nach diesem Gesichtspunkte anzustellen.

Es bleibt demnach zur psychologischen Bewertung der verschiedenen Säugergehirne wohl als einziger Maßstab der zuerst erwähnte, die relative Gehirngröße, und auch dieser ist sehr ungenau und nur mit Vorsicht zu verwerten. Wenn wir durch diese Tatsachen etwas vorsichtiger werden sollten, im Gehirnbau der Tiere Unterschiede in betreff des psychologischen Verhaltens zu lesen, so wäre schon etwas erreicht. Es fehlt uns noch sehr an psychologischen Beobachtungen. *Greppin*[1]) meint, daß die einzelnen Familien unserer einheimischen Fledermäuse betreffs ihres individuell erworbenen Unterscheidungsvermögens sehr verschieden veranlagt sind; so verschwinden die Vesperugoarten sehr rasch, wenn auf sie ein Schuß abgegeben worden ist, während die Vespertilioarten sich um den Schuß gar nicht bekümmern und auch dann immer wieder erscheinen, wenn einige ihrer Artgenossen gefallen sind. Unsere Kenntnisse des Hirnbaues reichen nicht aus, um einen entsprechenden anatomischen Unterschied bei den genannten Fledermäusen zu finden. Unser Tatsachenmaterial ist bis jetzt so relativ grobkörnig, daß wir nur viel allgemeinere Beziehungen aufstellen können.

3. Vögel.

Auch bei den Vögeln werden wir damit kein Glück haben. Am Gehirn der Vögel ist das Großhirn stets sehr mächtig, es bildet den größten Teil des Gehirns, und wenn es das Kleinhirn nicht in gleichem Maße überragt, wie bei den Säugetieren, so liegt dies nur daran, daß das Kleinhirn, obschon von einfacherem Baue als bei den Säugern, doch — wohl im Zusammenhange mit den erheblichen Anforderungen, die die Bewegungsweise der Vögel an die Aufrechthaltung des Gleichgewichtes stellt — stets relativ groß ist. Daß das Gehirn als Ganzes im Verhältnis zum Körper ein relativ hohes Gewicht hat (gegenüber dem der Säugetiere), erklärt sich durchaus aus dem leichten Bau des Vogelkörpers.

[1]) *L. Greppin*, Naturwissenschaftliche Betrachtungen über die geistigen Fähigkeiten des Menschen und der Tiere. Biol. Zentralbl., 1911, Bd. 31.

Was nun die Gehirnleistungen der Vögel betrifft, so wird man nicht umhin können, diese für recht kompliziert zu erachten; dennoch handelt es sich großenteils wohl um instinktive und nur zum kleinen Teile um verstandesmäßige Verrichtungen. „Wer der Psyche der Warmblüter und insbesondere der Vögel auf den Grund geht, dem ist es klar, daß auch hier das meiste angeboren und also allen Individuen der betreffenden Art eigentümlich ist," sagt *O. Heinroth.*[1]) Diese Worte treffen nicht nur für den bekanntlich höchst komplizierten Nestbau der Tiere zu, sondern beziehen sich bei ihrem Autor auf kompliziertere Erscheinungen im täglichen Leben der Vögel, speziell auch auf das sehr ausgebildete und innige Familienleben der Gänse, die unverkennbaren — aber instinktiv ausgeführten — Hochzeitszeremonien, ferner darauf, daß diese Tiere z. B. am Paarungsakt ihrer Artgenossen Ärgernis nehmen u. dgl.

Freilich ist zweifellos, daß die Vögel auch mancherlei psychische Leistungen erst im individuellen Leben erwerben können, daß sie also lernen, assoziieren u. dgl. Aber sehr weit geht diese Fähigkeit nicht. Ihr Maximum können wir vielleicht darin erblicken, daß, wie z. B. auch *Greppin* hervorhebt, viele Vogelarten den sie verfolgenden Menschen als Person kennen lernen und ihn fliehen, ob er im speziellen Falle die Flinte trägt oder nicht. Auch kann es wohl zu einem bis zu gewissem Grade innigen Konnex zwischen Vogel und Mensch kommen, ähnlich wie zwischen Mensch und Hund, so daß ein Austausch von Regungen des Innenlebens stattfindet, wenn auch das Tier dabei nicht so viel geben kann, wie mancher Tierpfleger vielleicht meinen könnte. Auch sonst noch erwirbt der Vogel manche Fähigkeiten, er begreift unter Umständen schnell. *Greppin* berichtet, daß Sperlinge, die viel verfolgt werden, in einigen Monaten den Instinkt, beim Aufsuchen eines Baumes zunächst auf einem vorstehenden Aste zu „sichern", ablegen und sich beim Anblick des Menschen dann sofort mit größter Geschwindigkeit in das ihnen schutzbietende Dickicht hineinstürzen. Unlängst wurde berichtet, daß bei Gelegenheit eines Schaufliegens in der Nähe von Basel der erste Flugapparat eine große Schar Krähen und Dohlen von ihren Bäumen aufscheuchte, daß aber viele von diesen — weil sie gerade dem Brutgeschäft oblagen — nach und nach in ganzen Gruppen zurückkehrten und einem zweiten Aviatiker gegenüber bereits aggressiv wurden: sie hatten also rasch begriffen, daß der „große Vogel" ihnen nichts tut.

Dieses Lernvermögen der Vögel ist auch exakten experimentellen Untersuchungen zugänglich. *Katz* und *Révész*[2]) warfen zwischen 20 festgeklebte Reiskörner 10 Weizenkörner. Ein ausgehungertes Huhn sucht zuerst die Reiskörner zu picken, weil es diese vorzieht, lernt jedoch in kurzer Zeit, daß die Reiskörner festliegen, denn nach einer halben Stunde bei Wiederholung des Versuches pickt es schon viel seltener nach den

[1]) *O. Heinroth,* Beiträge zur Biologie, namentlich Ethnologie und Psychologie der Anatiden. Bericht über den 5. Internationalen Ornithologen-Kongreß, Berlin 1910.

[2]) *D. Katz* und *G. Révész,* Experimentell-physiologische Untersuchungen an Hühnern. Zeitschr. f. Psychol., Bd. 50.

Reiskörnern und nach abermals einer halben Stunde nur noch nach den Weizenkörnern. Auch lernt es rasch, aus einer Reihe genau parallel gerichteter Körner nur jedes zweite oder jedes dritte herauszupicken, wenn man die dazwischen liegenden festklebte, oder aus Figuren wie diese: |—|—|—| oder ||—||—||— oder |||—|||—|||— nur die querliegenden Körner herauszupicken. Parallelversuche an Kindern zeigten, daß das Huhn hierin einem 2—3jährigen Kinde überlegen ist.

Auch beim Wanderflug der Vögel ist der Verstand, das individuell erworbene Ortsgedächtnis, das Lernen der Jungen von den Alten wahrscheinlich mit im Spiele, ja es erscheint mir fraglich, ob der Wanderflug auch nur zum Teil auf instinktiver Basis zustande kommt. Dagegen ist er auch keine Leistung sehr großer, etwa gar übermenschlicher Verstandesgaben. Die cerebrale Verarbeitung von Sinneseindrücken braucht für einen Flieger bei einer sehr weiten Reise offenbar nicht größer zu sein als bei einem Fußgänger beim Zurücklegen eines viel kürzeren Weges; denn was für den Fußgänger Merkzeichen sind, wird von dem fliegenden Vogel vollkommen übersehen, und die Merkzeichen des fliegenden Vogels liegen in viel größerem Abstande voneinander als die, welche der Fußgänger benützt.

Wie gering in mancher Hinsicht die Verstandesgaben der Vögel sind, dürfte durch die Tatsache bezeugt sein, daß viele Vögel (Entenarten, Singvögel) Nester an solchen Stellen bauen, die zwar in den frühen Morgenstunden, wenn die Tiere sich ihre Plätzchen suchen, ungestört sind, während den ganzen Tag über der Menschenstrom die Vögel stört und ein Brüten unmöglich macht. Die Vögel denken nicht daran, einen auch in den übrigen Tagesstunden ungestörten Nistplatz zu suchen *(Heinroth)*.

Gehen wir nun wiederum zum Gehirn der Vögel zurück, so müssen wir uns sagen, daß wahrscheinlich nicht nur die verstandesmäßigen, sondern auch die instinktivsten Tätigkeiten, welche einen viel größeren Teil an der täglichen Lebensweise der Vögel ausmachen, an den durch seine Masse imponierenden Hauptteil des Gehirns, das Großhirn, geknüpft sein werden. Es wäre dies der erste, aber nicht der letzte Fall in unserer Darstellung, daß hohe Instinktausbildung die Ausbildung des Gehirns so entscheidend beeinflußt.

Was nun in höherem Grade in Betracht kommt, ob die Instinkte oder die Verstandestätigkeiten, könnten wir entscheiden, wenn wir bei Vögeln, die sich psychologisch verschieden verhalten, auch wesentliche Unterschiede im Bau des Gehirns fänden. Nun stehen die einzelnen Vogelarten wohl an Intelligenz etwas verschieden da. „Unter unseren einheimischen Vögeln ist es der Sperber, welcher nach unseren Erfahrungen kein oder nur sehr mangelhaft entwickeltes, individuell erworbenes Unterscheidungsvermögen besitzt. Die systematische Untersuchung seines Gehirns und die Vergleichung dieses Gehirns mit demjenigen einer Rabenkrähe wäre daher sehr zu empfehlen" *(Greppin)*. Unter den Anatiden (Enten, Schwäne, Gänse usw.) scheint nach *Heinroth* Dafila acuta große psychische Fähigkeiten nicht zu

besitzen. Die trennende Eigenschaft des Drahtgeflechts will den Bewohnern des zoologischen Gartens lange nicht in den Kopf.

In der Tat wäre es sehr interessant, in derartigen Fällen einen Parallelismus zwischen Gehirngröße und Verstandesausbildung aufzufinden. Bis jetzt ist das weder gelungen noch versucht worden. Jedoch nach allem, was wir bisher über das Vogelgehirn wissen, ist dieses überhaupt bei den verschiedenen Vogelarten sehr gleichartig, wir finden speziell im Vorderhirn durchaus keine irgendwie auffälligen Größen oder Gestaltsunterschiede.

Für eine vergleichende Neurologie und Psychologie der Vögel liegt also eigentlich noch gar kein Material vor.

4. Reptilien, Amphibien und Fische.

Viel Interessanteres ergibt sich in dieser Hinsicht bei den kaltblütigen Wirbeltieren, d. h. bei den Reptilien, Amphibien und Fischen. Bei allen diesen Tieren kommt es wohl niemals zu einem wahren Konnex zwischen dem Tiere und dem Menschen, und die Eidechse lernt nicht ihren Pfleger kennen, sondern wenn sie nach einiger Zeit der Gefangenschaft gezähmt ist, so beruht dies nur auf dem Ablegen des Fluchtreflexes, so daß sie nunmehr das Futter aus der Hand frißt, was sie vorher vermied, oder es kann allenfalls auch noch die Erfahrung hinzukommen, daß das optische Bild der menschlichen Hand für das kleine Reptil das Signal wird: jetzt gibt es Futter, und daß es deshalb herankommt. Auch können solche Tiere wohl manchmal auf die Stimme einer bestimmten Person abgerichtet werden, vielleicht auch noch auf andere Merkzeichen, niemals aber hat man Anhaltspunkte dafür finden können, daß der Mensch als Ganzes, als lebendes Wesen ihnen etwas ist. Hierin prägt sich wahrscheinlich zum Teil eine gegenüber den Säugetieren und Vögeln verminderte Fähigkeit zu verstandesmäßigen Leistungen aus, wennschon ich zur Erwägung stellen möchte, daß bei so weitgehend verschiedenartiger Organisation auch die psychische Einstellung des ganzen Apparates der Sinnesorgane bei einem kaltblütigen Wirbeltiere eine andere sein muß, als z. B. bei uns Menschen, und daß es nicht als intellektuelle Unfähigkeit gedeutet werden darf, wenn jemand bei einer Aufgabe versagt, die seinem Gedankenkreise gänzlich fern liegt. Aus diesem Grunde dürfte namentlich bei den Fischen, als Wasserbewohnern, eine gewisse Vorsicht geboten sein, wenn man die Unmöglichkeit eines Konnexes zwischen Mensch und Tier als Kennzeichen geringer psychischer Fähigkeiten verwerten will.

Mit den geringen psychischen Fähigkeiten scheint nun allerdings die geringe Größe des Gehirns bei den kaltblütigen Wirbeltieren im Einklange zu stehen. Wir werden jedoch sehen, daß diese Auffassung nicht ganz einwandfrei ist.

Ausgehend von der Annahme, daß alle verstandesmäßigen Gehirnfähigkeiten lediglich an das anatomische Korrelat des Großhirns des Menschen und der Säugetiere geknüpft sein können, hat man wiederum zwischen dem Bau des Gehirns und den geringen psychischen Leistungen

der Kaltblüter eine Übereinstimmung finden wollen. Die Großhirnrinde ist nämlich bei den Reptilien viel schwächer entwickelt als bei den Vögeln, bei den Amphibien steht sie noch umfangärmer da, und von den Fischen wurde lange Zeit gelehrt, daß die Mehrzahl derselben, nämlich sämtliche Knochenfische, an Stelle des Großhirns statt eines funktionierenden Gehirnteiles nur eine funktionslose dünne, epitheliale Zellenplatte besitzen. Demnach würde man etwa „in aufsteigender Reihenfolge", d. h. von den Fischen zu den Amphibien und von diesen zu den Reptilien auch eine Zunahme der Gehirnausbildung in bezug auf den psychologisch wichtigsten Hirnteil erkennen und eine entsprechende Zunahme der psychologischen Fähigkeiten postulieren dürfen. - Wenig würde sich daran ändern, wenn es sich nur darum handelte, daß wir heute (mit *Johnston* und *Kappers*) der *Studnicka*schen Auffassung beipflichten müssen, daß massive Vorderhirnteile als morphologisches — psychologisch aber längst nicht gleichwertiges Korrelat des Säugergroßhirns auch beim Knochenfischgehirn zu finden sind, wenn auch in anderer Lage, nämlich mehr seitlich statt oben.

Sehen wir uns die psychologischen Leistungen der verschiedenen kaltblütigen Wirbeltiere an, so stehen allerdings die Amphibien hinter den Reptilien weit zurück. Die Reptilien verfolgen und suchen das augenblicks aus dem Auge verlorene Beutetier, während die Amphibien nur durch den unmittelbaren Sinnesreiz, der von dem Futterstück ausgeht, also nur durch den Anblick des sich bewegenden Würmchens oder Insekt zum Zuschnappen veranlaßt werden können, jedoch die Jagd aufgeben nach einem Beutetier, daß sich vor ihren Augen bewegt hat, nun aber still dasitzt: gleich als hätten sie nicht genug Gedächtnis, um noch zu wissen, daß das jetzt ruhende Objekt sich eben vorher noch bewegt hat. Jedenfalls liegt hier bei den Amphibien ein geringeres Assoziieren oder Schaffen von Relationen vor, als bei den Reptilien *(Edinger)*.

Immerhin wäre es auch keineswegs richtig, die Amphibien als lediglich reflektorische angehende Tiere zu betrachten, sondern in neuerer Zeit haben sich die Beispiele von der Fähigkeit zum Lernen, zum Sammeln und Verwerten von Erfahrungen im individuellen Leben auch bei Amphibien gehäuft.

Von den Urodelen, den Schwanzlurchen (Salamander, Tritonen) sind mir aus der Literatur zwar keine einschlägigen Tatsachen bekannt, daher sei es gestattet, eine eigene Beobachtung anzuführen. Während der Zeit ihres Wasserlebens suchen die Tritonen (auch Molche genannt) ihre Nahrung unter Wasser vorzugsweise mit dem Geruch, und so fiel es ihnen nicht schwer, Mehlwürmer zu finden, wenn ich diese zuvor der Quere nach halbierte und den weißen Inhalt etwas herausquetschte. Mit der Zeit aber bemerkte man deutlich, daß auch der Anblick eines derartigen, still am Boden des Aquariums liegenden, gelben, geringelten Wurmes die Molche aufmerksam machte, was früher gar nicht der Fall war. Sie fuhren dann mit der Schnauze den Wurm entlang, bis sie an das herausgepreßte Eingeweide kamen. So hatten sie offenbar den Riechreiz, der zuvor allein den Freß-

akt auslöste, mit dem Sehreiz, der vorher ganz unwirksam war, verknüpfen gelernt, und ließen sich nun durch beide zusammen leiten.

Daß auch die ungeschwänzten Amphibien, die Froschlurche, mancherlei lernen können, ist ja eigentlich schon länger bekannt, denn die Aquarienfreunde wissen von dem Ortssinn dieser Tiere zu berichten, der sich im Aufsuchen immer wieder einer und derselben Stelle zeigt. Man bemerkt leicht, daß sie ihren Standplatz nach Exkursionen auch dann wieder finden können, wenn sie ihn auf dem Rückwege nicht dauernd sehen können, sondern z. B. durch Gräben hindurch wandern oder anderweitige Schwierigkeiten auf Umwegen überwinden müssen. In interessanter Weise konnte *Yerkes*[1]) diesen Ortssinn des Frosches experimentell beweisen: Der Frosch lernte den Ausweg aus einem Labyrinth so genau kennen, daß er ihn ohne vergebliches Suchen fand, während er in einem gleichartigen, nur spiegelbildlich vom vorigen unterschiedenen Labyrinth lauter Irrwege machte.

Das Auffinden und Erreichen der stets lebenden Nahrung bei den Froschlurchen verläuft zwar bekanntlich — wie schon angedeutet wurde — in hohem Grade in bestimmten unveränderlichen Bahnen: Die Bewegung des Beutetieres ruft zuerst die Kopfbewegung, dann die Schreitbewegung nach ihm hin bei dem Amphibium hervor, dann folgt, anscheinend mit unausbleiblicher Gewißheit, der Zungenschlag, mit welchem die Beute erreicht wird; vorausgesetzt natürlich, daß letztere nicht vorher sich zu bewegen aufhört.

Ganz starr, ganz unplastisch, sind aber auch diese Reaktionen nicht. Es kann mit ihnen z. B. das Ortsgedächtnis in Interferenz treten. So sah ich eine Kreuzkröte, die in einem im Terrarium liegenden Glase nahe dessen Boden saß und von dort aus außerhalb des Glases liegende Mehlwürmer erblickte, auf großem Umwege auf diesen hingelangen, indem sie nämlich, Kopf und Augen immer auf die Würmer gewandt, halb rückwärts zunächst zu der Öffnung des Glases ging und dann erst geradewegs auf die Würmer losmarschieren konnte. Gleich darauf kehrte sie, natürlich auf demselben Umwege, an ihren Wohnplatz zurück.

Auch können die Frösche nach Beobachtungen von *Asa A. Schäffer*[2]) durch schlechte Erfahrungen mit einer gewissen Nahrungsart abgehalten werden, sich dieser fortan zuzuwenden. Sie verwerten also die Erfahrung zweiffellos. *Schäffer* legte seinen Fröschen haarige Raupen vor und stellte fest, daß nach 4—7maligem Zuschnappen von seiten der Frösche und jedesmaligen schleunigen Ausspeien der Reflex des Zuschnappens gänzlich ausblieb. Die neuangenommene Gewohnheit, haarige Raupen zu verschmähen, blieb etwa 10 Tage lang bestehen. Fast noch interessanter ist folgender Versuch. Regenwürmer wurden in Verbindung mit einer elektrischen Leitung gebracht, so daß den Frosch im Augenblick des Zuschnap-

[1]) *R. Yerkes*, The instincts, habits, and reactions of the frog. *Harvard* Psycholog. Studies, vol. 1, 1903.

[2]) *Asa A. Schäffer*, Habit formation in frogs. Journal of animal Behavoir, Band 1, Nr. 5, 1911.

pens ein elektrischer Schlag traf. Der Wurm wurde anscheinend ohne jegliche Beschwerden heruntergeschluckt, aber der Frosch rührte darauf 7 Tage lang keinen Regenwurm mehr an, während er Mehlwürmer, mit denen er keine schlechte Erfahrung gemacht hatte, nach wie vor schnappte und fraß.

Nicht zu unterschätzen sind auch einige Beobachtungen, welche *C. Zimmer*[1]) mitteilt. Die Zeit, in welcher gefangene Lurche ans Futter gehen und ihren Fluchtreflex ablegen, ist nach *Zimmer* länger, wenn der Lurch allein, als wenn er mit anderen schon eingewöhnten Tieren im Terrarium war: „Es zeigte sich hieraus, daß die Lurche imstande sind, aus dem Verhalten ihrer Verwandten durch Nachahmung zu lernen", es liegt also etwas wie ein Erkennen des Artgenossen, also wohl wirklich eine Begriffsbildung vor. Auch wenn man die Tiere daran gewöhnte, Fleischstücke von einem hingehaltenen Federhalter zu schnappen, zeigte sich, daß ein ins Terrarium eingesetzter Neuling dies überraschend schnell lernte, wenn die übrigen Insassen bereits an den Federhalter gewöhnt waren.

Auch konnte nach *Zimmer* bei den Amphibien die Gewohnheit, nur nach sich bewegenden Objekten zu schnappen, ersetzt werden durch die, nach einem ruhenden Stück gleich zu schnappen, was immerhin eine gewisse, wenn auch nicht eine sehr bedeutende Lernleistung ist.

Schließlich möchte ich erwähnen, daß nach Beobachtungen von mir und anderen, besseren Amphibienkennern unsere braunen Froscharten wahrscheinlich ihre Todfeindin, die Ringelnatter kennen, wenn sie älter geworden sind und die Kenntnis von ihr augenscheinlich im individuellen Leben erworben haben. Auch hier kann vielleicht zum Teil an ein Klugwerden durch fremden Schaden gedacht werden, obschon auch mancher Frosch eigene Bekanntschaft mit dem Gebiß der Schlange macht, ohne jedesmal gefressen zu werden.

Wie steht es nun im Verhältnis zu den Amphibien mit der Psychologie der Fische. Hierüber kann ich mich nicht ganz so eingehend äußern wie bei den Amphibien, aber es scheint doch, daß das Gedächtnis, Lernen, Verwerten von Erfahrungen bei den Fischen hinter dem der Amphibien mindestens nicht zurücksteht. Ja, allem Anschein nach übertrifft sogar der Fisch im allgemeinen das Amphibium.

Gehen wir zunächst wieder auf das Ortsgedächtnis ein. Die Frage nach dem Ortsgedächtnis der Fische hat mich in letzter Zeit eingehend beschäftigt, und ich bin ihr auf dem Wege einer Umfrage, deren Ergebnisse bis jetzt nur vorläufig veröffentlicht sind[2]), näher getreten. Hiernach vermögen sich die Karpfen sehr detaillierte Ortskenntnis anzueignen. Beim Aufsuchen der Laichplätze sollen sie sogar Vorposten aussenden, die das Gewässer nach einem passenden Platze absuchen und dann erst ihre Ge-

[1]) *C. Zimmer*, Zur Psychologie der Lurche. „Kosmos", 1909, Heft 12.

[2]) *V. Franz*, Über Ortsgedächtnis bei Fischen und seine Bedeutung für die Wanderungen der Fische. Berichte der Versamml. D. Naturf. u. Ärzte zu Karlsruhe 1911, Abteilung für Zoologie. — Definitiver Bericht erschien inzwischen im Archiv für Hydrobiologie und Planktonkunde, Bd. VII, 1912.

nossen holen. Bei vielen anderen Fischen ist das Ortsgedächtnis weniger detailliert als beim Karpfen nach diesen und anderen Beispielen, dafür aber reicht es räumlich weiter. So kehrten einzelne alte Hechte auf 600 *m* hin an ihren Standort zurück, wenn sie in der genannten Entfernung ausgesetzt wurden oder dem Fischer entsprangen, andere sogar auf 2 *km*, Bachforellen in einem Falle sogar auf 6 *km* usw. In einem Bache ist das Wiederfinden zwar verhältnismäßig leicht, weil der Fisch nur in einer Richtung zu schwimmen braucht, aber in manchem der genannten Beispiele mußten die Fische auch ein Gewirr von Gräben oder einen Graben, der einen Teich mit einem anderen verband, durchschwimmen. Diese Ortssinnleistungen sind nun freilich schwer mit denen, die ich von den Amphibien erwähnte, abschätzend zu vergleichen, wenn man aber eine Entscheidung fällen will, so kann sie wohl nur zugunsten der Fische ausfallen.

Erstaunlich ist auch, daß Fische, die gewöhnt sind, an eine bestimmte Futterstelle heranzukommen oder sich von ihrem Pfleger mit der Hand aus dem Wasser fangen lassen, diese „Zahmheit" durchaus ablegen, wenn ihnen nur einmal eine Unbill zugefügt worden ist. Ein solches Beispiel erwähnt *Edinger*[1]) von einer Regenbogenforelle, die einmal am Schwanze emporgehoben wurde, und ich weiß einen ganz analogen Fall von einem Stichling zu berichten, der einmal durch Ungeschicklichkeit in ein am Boden liegendes Tierfell gefallen war und aus ihm nur mit Mühe herausgeholt werden konnte.

Alle Angler sind sich ferner darüber einig, daß Fische, namentlich wenn sie alt werden, die Angel kennen lernen. Alte Fische leisten auch an Ortsgedächtnis mehr als junge, und wenn das Niveau in einem Teiche sich senkt, so bleiben nur junge Fische in kleinen am Ufer zurückbleibenden Seitenlachen zurück, die älteren merken das Sinken des Wassers ganz genau und flüchten rechtzeitig in die Tiefe. Man beobachtet sogar bei Fischen, die in ein ihnen unbekanntes Gewässer gesetzt werden, zunächst ein anscheinend planmäßiges Absuchen ihrer neuen Umwelt, bevor sie eine geeignete Aufenthaltsstätte wählen.

Diese und anderweitige Tatsachen zeigen zunächst, daß die Fische durchaus nicht bloße Reflextiere sind, ja solche gibt es offenbar unter den Wirbeltieren überhaupt nicht, weder in der „untersten" noch in einer anderen Klasse. Sodann aber ist auch wahrscheinlich, daß nach ihrem psychischen Verhalten die Fische gar nicht zu unterst, sondern vielmehr über den Amphibien stehen.

Verträgt sich nun diese Schlußfolgerung mit den Tatsachen der Hirnanatomie oder wird sie gar durch diese bestätigt? Wir sahen oben, daß man auf Grund gewisser Merkzeichen eine von den Fischen zu den Amphibien usw. aufsteigende Gehirnentwicklung hat feststellen wollen.

Nicht wenn wir nach gewissen speziellen Merkzeichen, wohl aber wenn wir nach der Gesamtausbildung des Gehirns urteilen, so sind augenschein-

[1]) *L. Edinger,* Haben die Fische ein Gedächtnis? Münchener Allgemeine Zeitung vom 21. u. 22. Okt. 1899.

lich die Gehirne der Fische viel komplizierter als die der Amphibien. Schon die ganze gewebliche Struktur des Gehirns ist bei den Fischen viel komplizierter als bei den Amphibien. Hierher kann wohl gerechnet werden, daß auf gleichem Raume im Fischgehirn vielmehr (natürlich entsprechend kleinere) Zellen vorhanden sind als im Amphibiengehirn, ferner daß die einzelnen Zellen, was ihren Reichtum an seinen Fortsätzen betrifft, beim Fisch durchschnittlich viel komplizierter sind. Aus diesem Grunde bezeichnete *Edinger* die Amphibiengehirne ziemlich treffend als „embryonal". Auch jeder Teil des Fischgehirns ist sowohl in seiner gröberen inneren Struktur als auch in seiner äußeren Form in der Regel komplizierter als beim Amphibiengehirn. Dazu kommt noch, daß die Fischgehirne im Verhältnis zum Körper der Tiere größer sind als die Amphibiengehirne.

Dieses „im Verhältnis zum Tierkörper" müssen wir nun noch nach Gesichtspunkten, die wir schon bei den Säugetieren streiften, unter die Lupe nehmen. Es ist offenbar, daß die Fische als Wassertiere, als gute Schwimmer, die stets einen erheblichen Reibungswiderstand überwinden müssen, einer starken Körpermuskulatur bedürfen, und die Tatsache, daß das Muskelfleisch am Fischkörper im Verhältnis zu den übrigen Bestandteilen, wie Eingeweide, Kopf, Knochen usw., eine so große Masse bildet, ist es ja auch, die uns diese Tiere für die Tafel begehrenswert erscheinen läßt. Die dadurch sehr große Körpermasse des Fisches drückt natürlich das relative Hirngewicht herab, und wenn wir im Geiste die hierin liegende Fehlerquelle unserer Schlußfolgerungen auszuschalten suchen, so erscheinen uns die Fischgehirne aufs neue recht groß, also bedeutend entwickelt und zu mancherlei Leistungen befähigt.

Freilich fehlt bis auf geringe Spuren (Anfangsstadien) im Fischgehirn der dem Großhirn der Säugetiere entsprechende Bestandteil. Steht dies mit den vorher erwähnten Tatsachen im Widerspruch? Sollten keine anderen Hirnteile als das Vorderhirndach kompliziertere Assoziationstätigkeiten des Organismus vermitteln können?

Augenscheinlich doch! Denn wir müssen uns sagen, daß, wenn im Säugergehirn die höchstkomplizierten und speziell auch die bewußtwerdenden Hirnvorgänge ans Großhirn gebunden sind, sie wahrscheinlich auf früheren Stadien, eventuell schwächer entwickelt, auch anderen Hirnteilen eigen waren. Ja mit der Tatsache, daß im Großhirn des Säugetieres (oder des Menschen) sich Bahnen aus sehr verschiedenen Sinnesgebieten sammeln, daß in ihm gleichsam ein universeller Zentralapparat des Gehirns und des ganzen Organismus geschaffen worden ist, mit dieser Tatsache würde es sich wohl hinreichend erklären, daß die am wenigsten starr gewordenen und mit Bewußtsein verknüpften Hirnvorgänge auf diesen Hirnteil konzentriert erscheinen: sie sind offenbar ihm allein geblieben, während sie den übrigen Hirnteilen nach und nach verloren gegangen sind.

Es liegt also gegen unsere obigen Ausführungen, wonach das Fischgehirn zu recht bedeutenden Leistungen und auch Neuerwerbungen befähigt ist, zunächst kein Widerspruch in dem Bau des Fischgehirns. Trotz

fast völlig fehlender Großhirnanlagen erscheint es uns infolge seines komplizierten Gesamtbaues durchaus zu derartigen Leistungen, wie wir sie oben erwähnten, befähigt.

Relativ nebensächlich ist gegenüber dieser Feststellung die Frage, ob nun im Fischgehirn auch noch ein ähnlicher Zentralapparat, wie er im Großhirn der Säugetiere gegeben ist, aufgefunden werden kann. Ich könnte mir die Frage vorlegen, ob das im folgenden hierüber zu Sagende an dieser Stelle mitgeteilt werden soll, weil es sich um meine eigenen, von Hypothese nicht ganz freien Untersuchungen handelt, die erst jüngeren Datums sind und der Prüfung durch spätere Forschungen noch bedürfen. Aber ich denke, nachdem dieser ausdrückliche Hinweis vorausgegangen ist, darf ich auf die zu recht interessanten Schlußfolgerungen führenden Ansichten, die ich an anderer Stelle ausführlich veröffentlicht habe[1]), kurz eingehen.

So kompliziert auch das Knochenfischgehirn im ganzen ist, aus so vielen komplizierten Einzelapparaten sich auch jeder Teil desselben, z. B. das Zwischenhirn oder das Mittelhirn, aufbaut, ein großer Bestandteil des Knochenfischgehirns ist im großen ganzen relativ einheitlich gebaut, er ist ein Organ, im Gegensatz z. B. zum Mittelhirn, welches sich aus einer Anzahl Organen aufbaut. Ich meine das Kleinhirn der Knochenfische. Und in dieses Kleinhirn nun strahlen Bahnen aus sehr verschiedenen „Sinnesgebieten" des Gehirns ein, so daß — ganz wie es beim Großhirn der Säuger ist — die Sinnesorgane des Tieres (z. B. Auge, Hautgefühl), wenn sie Impulse ins Gehirn entsenden, immer einen Teil davon ins Kleinhirn abgeben. Sicher gehen ins Kleinhirn eine Bahn, welche optische Impulse zuführt, eine vom statischen Sinnesapparat (dem inneren Ohre), eine aus dem Rückenmark — wahrscheinlich Empfindungen der Körperhaut dem Kleinhirn meldend — und eine Bahn von den Sinnesorganen der Seitenlinie, die bekanntlich den Fischkörper seitlich entlang zieht und mit Sinnesorganen zur Empfindung von Wasserbewegungen besetzt ist. Wahrscheinlich kommen dazu ferner Bahnen aus den Endstätten des Nervus trigeminus und facialis (beides der Hauptsache nach sensible Kopfhautnerven) und des Nervus vagus, eines Eingeweidenerven, auch können wir vielleicht mit einer Riechbahn zum Kleinhirn rechnen. Wir sehen also, daß eine ganz stattliche Anzahl von Nerven gleichsam Ableger ins Kleinhirn entsendet, daß dieses also einen recht vielseitigen Zentralapparat im Fischgegehirn darstellt, ganz anders als im Säugergehirn, wo seine Verbindungen mit anderen Hirnteilen und wohl auch seine Funktionen, die nach einer Meinung hauptsächlich in der Erhaltung der Gleichgewichtslage, nach einer anderen in einer Regulierung der gesamten Tätigkeit der Skelettmuskulatur besteht, viel einseitiger sind. — Ich könnte mich auch so ausdrücken: das Kleinhirn verdient bei den Fischen nicht diesen Namen, seine Stellung unter den anderen Hirnteilen und seine mutmaßliche Wirkungsweise ent-

[1]) *V. Franz*, Das Kleinhirn der Knochenfische. Zoolog. Jahrb., Abt. f. Anat. Bd. 32, 1911. — Das Mormyridenhirn. Ebenda. — Beiträge zur Kenntnis des Zwischenhirns und Mittelhirns der Knochenfische. Folia Neurobiologica, Bd. VI, Nr. 5 u. 6. 1912.

spricht vielmehr dem Großhirn der Säugetiere. Es ist fraglos, daß sich von dieser Auffassung aus Problemstellungen für experimentell-physiologische Untersuchungen ergeben. Die bisherigen experimentellen Studien am Fischgehirn sind, auch insoweit sie die Resektion des Kleinhirns betreffen, nicht dazu angetan, zu unserer obigen Auffassung etwas Entscheidendes zu sagen.

Natürlich erhebt sich nunmehr die Frage, warum haben die Fische in diesem Hirnteil, die Säugetiere in jenem ihren Zentralapparat? und warum haben Säugetiere und Vögel Kleinhirn und Großhirn nebeneinander in starker Ausbildung? Diese Frage läßt sich wohl beantworten. Nach übereinstimmender Meinung aller vergleichenden Anatomen entstand das Kleinhirn ursprünglich als ein Anhang des Endkerns des Nerven der Seitenlinie und des Gleichgewichtssinnesorgans, es bildete sich also aus, indem in diese Nervenendstätten nach und nach mehr und mehr Bahnen aus anderen Sinnesnervenendstätten einstrahlten und es sich in gleichem Maße vergrößerte. Das heißt aber nichts anders als: Das Kleinhirn entstand in Anlehnung an diejenigen Hirnnerven, welche für das Wasserleben der wichtigste sind. In ganz gleicher Weise entstand nun, wie schon fast aus seiner Lage hervorgeht, und wie neuerdings von *Kappers* eingehend ausgeführt wurde, das Großhirn in Anlehnung an die Endstätte der Riechbahn (des „Riechnerven", wie man — anatomisch nicht ganz richtig — auch wohl sagt), also an denjenigen Hirnteil, welcher für das Leben der Landtiere eine ganz besondere Wichtigkeit hat, namentlich wohl für das Leben der ersten Landtiere, die vermutlich ganz nahe über dem Boden gelebt haben. Darin also, daß die Wirbeltiere wohl ursprünglich nur Wassertiere waren, wie noch heute die Fische, und daß später ein Teil von ihnen zum Landleben überging — die heutigen Amphibien, Reptilien, Vögel und Säugetiere — liegt der Grund, weshalb jene, die Fische, den Zentralapparat des Gehirns im Kleinhirn haben, während diese, namentlich die Reptilien, Vögel und Säugetiere, die Großhirnrinde zum Zentralapparat sich entwickeln ließen, wobei das Kleinhirn seiner Funktionen zum Teil enthoben wurde und zu einseitigerer Tätigkeit kam, bei den Säugern sogar in Anhängigkeit vom Großhirn verfiel, wenn auch dabei zu komplizierter Form und Struktur gelangte.

Ist es also berechtigt, das Kleinhirn als den wichtigsten Zentralapparat des Fischgehirns zu betrachten, so ist überflüssig, noch darauf hinzuweisen, daß dieses Kleinhirn, an sich sehr oft von überragender Größe unter den Hirnteilen des Fisches, bei einigen afrikanischen Süßwasserfischen, den Mormyriden, eine so enorme Größe erlangt, daß es alle übrigen Hirnteile zudeckt, von seinem ersten Untersucher *Erdl* sogar als Großhirn beschrieben wurde und dadurch dem Gesamtgehirn dieser Fische eine ebenso mächtige Größe gegenüber dem Fischkörper verleiht, wie wir es sonst nur noch beim Menschen und — aus speziellen Gründen, die wir oben aufführten — bei Vögeln und kleinen Affen finden.

Leider wissen wir nicht, was nun eigentlich in der Lebensweise dieser Fische der enormen Kleinhirnvergrößerung entspricht, die in viel

deutlicherem Maße einen Sonderfall unter den Fischgehirnen darstellt, als das vergrößerte menschliche Großhirn gegenüber den übrigen Säuger- oder Affengroßhirnen. Man hat diese Tiere im Aquarium beobachtet, auch wohl einige besondere Fähigkeiten bemerkt, z. B. geschicktes Schlängeln durch Wasserpflanzen — wozu jedoch auch der in seinem Gehirnbau nicht besonders ausgezeichnete Stichling imstande ist — ferner die Fähigkeit, durch schwache elektrische Schläge, Angreifer sich bereits aus der Ferne vom Leibe zu halten, während der Schlag des Zitterrochens, des Zitteraales und des Zitterwelses mit viel elementarer Gewalt hauptsächlich nur aus großer Nähe oder bei Berührung wirkt — aber das sind doch nicht so auffallende Fähigkeiten, wie die Kleinhirnvergrößerungen eine auffallende Eigenschaft des Mormyridengehirns ist. Was folgt hieraus? Daraus ergibt sich deutlich, daß wir im Beobachten des Verhaltens der Tiere, z. B. bei den Fischen, noch ungemein weit zurück sind, daß uns dies — wie es sich ja leicht versteht — um so schwerer fällt, je weiter uns eine Tierart verwandtschaftlich entfernt ist. Wir erwähnten schon Eingangs ähnliches, und hierin haben wir zweifellos eine der Wurzeln dafür, daß man die kaltblütigen Wirbeltiere zeitweilig so betrachten konnte, als wären sie der Mehrzahl nach im wesentlichen bloße Reflextiere, und daß man lange Zeit die Leistungsfähigkeit des Fischgehirns nicht erkannt, und demgemäß auch den Bau des Fischgehirns in bezug auf seine Leistungsfähigkeit nicht richtig gewürdigt hat.

5. Gliedertiere, besonders Insekten.

Ein „Gehirn“ ist auch sämtlichen Insekten eigen. Obwohl bei diesen Tieren der mächtigste Strang des Nervensystems an der Bauchseite liegt und man daher bei ihnen von einem Bauchmark sprechen muß, statt von einem Rückenmark, wie bei den Wirbeltieren, obwohl also bei den Gliedertieren die Organisation des Nervensystems wie die des ganzen Körpers auf ganz anderer Grundlage beruht als bei den Wirbeltieren, finden sich doch zwischen den beiden genannten Abteilungen des Tierreiches gewisse Parallelerscheinungen im Bau des Nervensystems. So ist bei beiden außer dem erwähnten Bauchmark bzw. Rückenmark ein mit ihm in schwacher Verbindung stehendes, viel diffuseres, aber doch ziemlich selbständigeres Eingeweidenervensystem (System des Sympathicus) vorhanden, welches weder zu den Sinnesorganen, noch zu den Glieder- und Körpermuskeln irgendwelche Beziehungen hat, dagegen die Bewegungen des Darmes, des Herzens usw. reguliert und wie beim Menschen so auch vermutlich mutatis mutandis bei den Insekten Schmerzempfindungen, Hungergefühle und dergleichen auf den schwachen Verbindungswegen mit dem „Haupt“-Nervensystem dem Bewußtsein zuführen kann.

Selbstredend sind die Teile des Nervensystems gleich allen Organen des tierischen Körpers von der Funktion abhängig, sie vergrößern, bzw. verstärken sich nicht nur den Muskeln eines Turners im individuellen Leben, sondern auch stammesgeschichtlich, und darauf beruht es z. B., daß beim

Menschen das Schultermark und Lendenmark dicker sind, als das übrige Rückenmark, weil von jenen Teilen die Nerven für Arme und Beine ausgehen. Stärker als bei Säugetieren fallen meist bei den Vögeln die genannten Anschwellungen des Rückenmarks ins Auge, und bekanntlich erreichte bei einem riesigen Reptil der Juraperiode, dem Stegosaurus, das Lendenmark eine so enorme Dicke, daß es das kleine im Kopfe gelegene Reptilsgehirn um ein vielfaches übertraf und man sich sogar von einem „Steißhirn" zu sprechen erlaubt hat. Ganz entsprechende Anschwellungen am Bauchmarke finden wir wiederum bei den Gliedertieren. Sehr auffällige Knoten bilden sie z. B. im Brustteile bei den Krabben (Taschenkrebsen), wo ja die vorderen Beine ähnlich wie beim Flußkrebs und Hummer oder in noch stärkerem Grade kräftig ausgebildet sind, während die hinteren stark reduziert sind. Die Anschwellungen des Bauchmarkes, welche dem mit seinen drei kräftig schreitenden Beinpaaren ausgerüsteten Käfer eigen sind, fehlen noch der kurzfüßigen Käferlarve.

Selbstredend kann man nun das Gehirn diesen Anschwellungen in gewisser Weise zurechnen, was uns einerseits zum Philosophieren über eine Rückenmarks- bzw. Bauchmarksseele, andrerseits zu der Anschauung verlocken könnte, daß das Gliedertiergehirn etwas derartig besonderes nicht wäre, daß man ihm besondere, wohl gar verstandesmäßige oder sogar — selbstredend hypothetisch — bewußte Vorgänge zumuten könnte. Doch sprechen wohl schon die uns bekannten psychologischen Tatsachen dagegen.

Das Vermögen, dieses oder jenes zu lernen, ist wohl sehr weit im Tierreiche verbreitet und dürfte auch keinem Gliedertiere fehlen. Immer wenn wir Ortssinn bei den Tieren konstatieren können, ist es vorhanden, denn der Ortssinn oder das Ortsgedächtnis muß von jedem Individuum im eigenen Leben erworben werden, es kann nicht ererbt sein. Nun ist es vielleicht ein häufiger Fall, daß z. B. unsere Käfer oder sonstigen Insekten einen bestimmten Schlupfwinkel haben und in einem gewissen Umkreise um denselben die Gegend kennen, so daß sie von ihren Exkursionen aus, die ja immer nur eine bestimmte Ausdehnung haben werden, wiederfinden. Diese Fähigkeit, die zweifellos mindestens beginnende Verstandestätigkeit ist, ist ja wahrscheinlich im Tierreiche weit verbreitet, soweit die Tiere hinreichend beweglich sind, um sie entwickeln zu können. Ich selbst habe gelegentlich einmal gesehen, daß die Wasserinsekten eines kleinen Teiches bei Beunruhigung immer nur der Teichmitte zueilten, auch wenn die Quelle der Beunruhigung, ein Stock oder ein watender Menschenfuß ihnen den Weg versperrte. Unlängst wird mitgeteilt[1]), daß man an der Norfolk-Küste Ostenglands ein Experiment auf den Ortssinn der Krabben angestellt habe, wobei sich ergab, daß von einer großen Anzahl mit Merkzeichen versehener, weit vom Fangorte entfernt ausgesetzter Krabben etwa 400 — also wohl eine vertrauenerweckende Zahl — größtenteils in nächster Nähe des Fangortes, andere auf dem Wege dorthin, wieder gefangen wurden.

[1]) Allg. Fisch.-Ztg. 1912, Nr. 8, S. 212.

Beispiele für Lernvermögen der Insekten liegen auch darin, daß man diese Tiere bis zu gewissem Grade abrichten kann. *Forel* war es gelungen, einen Wasserkäfer abzurichten, so daß er herbeikam und Nahrung entgegennahm, wenn man ihm den Finger entgegenhielt, und *Wasmann*[1]) bestätigt, daß dies möglich ist und daß bei Ameisen sogar ähnliches in wenigen Tagen zu erreichen ist. Natürlich ist das nichts anderes als die einfachste Art der Abrichtung, die eben einfach mit der Freßlust des Tieres rechnet. Frau *M. Sondheim*, Frankfurt a. M., erlebte, daß eine Libellenlarve (Aeschna) nicht nur ihre anfängliche Scheu ablegte und sich gewöhnte, das Futter aus der Hand zu nehmen, sondern auch herankam, sobald die Pflegerin nur an das Aquarium herantrat; ja das Tier verfolgte die Bewegungen der Dame im Zimmer und saß, wenn diese sich längere Zeit an einer bestimmten Stelle aufhielt, regelmäßig an der ihr zugewandten Glaswand des Aquariums. Zweifellos hatte die Libellenlarve alle diese Bewegungen ihrer Pflegerin, die allerdings für das Tier wohl nur ein „Etwas" gewesen sein wird, mit der Vorstellung vom Fressen erfahrungsmäßig verknüpfen gelernt.[2])

Die Ameisen, oft als sehr intelligente Tiere betrachtet, zeitweilig auch als bloße Reflexmaschinen angesehen, verstehen nun jedoch, nach *Wasmann* noch mancherlei anderes zu lernen. So begreifen sie, was eine Glaswand ist, und lassen von ihren Abwehrreflexen ab, wenn der gefahrdrohende Finger des Menschen durch die Glaswand von der Ameise, die sich in gewohnter Umgebung befindet, getrennt ist. Auch manches an dem ausgesprochenen Geruchssinn der Ameisen zeigt das Vermögen zu lernen, individuelle Erfahrungen zu verwerten, und danach das Verhalten zu modifizieren, an. Sonst könnten sie nicht friedlich reagieren auf den Geruchsstoff einer fremden Art, wenn diese einmal in ihrem eigenen Neste aufgezogen wurde, und feindlich auf den Geruchsstoff der eigenen Schwestern, aus deren Kolonie sie als Puppen geraubt wurden. Schließlich kann man sich auch das Wegfinden bei den Ameisen begreiflicherweise keineswegs anders erklären, als durch die Annahme, daß sie im individuellen Leben Erfahrungen machen und verwerten können.

Auch die Biene gilt als ein sehr intelligentes Wesen. Ausführlich hat *v. Buttel-Reepen*[3]) sich mit der Frage beschäftigt, ob die Bienen Reflexmaschinen sind, und er verneint sie aus vielen Gründen. Doch nicht alles, was da angeführt wird, kann als Beweis für das Vermögen, im individuellen Leben zu lernen, Erfahrungen zu verwerten, gelten. Sichere Beweise für diese Fähigkeit liefern allerdings die erstaunlichen Beispiele von Ortsgedächtnis bei den Bienen, welches bis 4 *km* weit reicht, dermaßen, daß Bienen, die in dieser Entfernung von ihrem Stocke mitten

[1]) *E. S. J. Wasmann,* Die psychischen Fähigkeiten der Ameisen. II. Auflage. Stuttgart 1909.

[2]) *M. Sondheim,* Wahrnehmungsvermögen einer Libellenlarve. Biolog. Zentralbl. 1910, Bd. 2.

[3]) *v. Buttel-Reepen,* Sind die Bienen „Reflexmaschinen"? Experimentelle Beiträge zur Biologie der Honigbiene. Biolog. Zentralbl. Bd. 20, 1900.

auf einer Wiese oder auch inmitten eines Hofes in der benachbarten Stadt ausgelassen wurden, ihr Heim wiederfanden. Auch bei den Geruchsleistungen der Bienen haben wir vielleicht zum Teil ähnlich wie bei den Ameisen die Mitwirkung verstandesmäßiger Fähigkeiten anzunehmen; sehr vieles jedoch fällt unter den Begriff Instinkt und ist damit — nach unseren einleitenden Ausführungen — vom Reflex nur graduell, nicht qualitativ verschieden. Die Fähigkeit, auf eine große Anzahl verschiedener Gerüche (Nestgeruch, Individualgeruch, Königingeruch, Dronengeruch usw.) verschieden zu reagieren, ist wahrscheinlich angeboren. Auch das ganze komplizierte Mitteilungs- oder Verständigungswesen der Bienen, welches auf verschiedenartigem Summen beruht, dürfte in seinen Grundzügen Stück für Stück rein reflektorisch, im ganzen also rein instinktiv zustande kommen. Auch wissen wir natürlich heute genau, daß die Bienen nicht als gelehrte Mathematiker ihre sechskantigen Waben, deren Regelmäßigkeit oft über Gebühr gepriesen worden ist[1]), bauen, und da wir heute ebenso genau wissen, daß nicht ein einfach mechanisches Prinzip die sechskantige, in eine Pyramide auslaufende Form der Waben erzeugt, daß sie auf viel komplizierterem Wege entstehen als die kantigen Abplattungen bei quellenden, sich aneinander drückenden Erbsen, daß die Biene Stück für Stück die wächserne Wand aufbaut, wie auch ähnliches mutatis mutandis bei den Termiten oder „weißen Ameisen" vorkommt, so müssen wir auch den Wabenbau der Biene als eine hochkomplizierte instinktive Tätigkeit betrachten.

Überflüssig ist es, nun auch noch zu erwähnen, daß die Anlegung von Bauten oder Nestern bei den Ameisen gleichfalls eine hochentwickelte instinktive Tätigkeit ist. Im allgemeinen sind derartige Instinkte bei der Ameise wohl noch komplizierter als bei der Biene. Wissen wir doch, daß manche Ameisenarten sich Blattläuse als ihre Milchkühe halten, und daß andere auf selbstabgeschnittenen, faulenden Blätterhaufen sich Pilze züchten, von denen sie sich ernähren. Es würde zu weit führen, auf diese sehr interessanten Dinge hier näher einzugehen, da ja nicht Fragen der Psychologie allein, sondern der Neurologie und Psychologie heute unseren Gegenstand bilden.

Fragen wir uns daher nach dem Bau des Gehirns der Gliedertiere und speziell danach, ob wir Beziehungen zwischen den psychologischen Leistungen und dem Bau des Gehirnes auffinden können.

Das ist nun gewiß der Fall. An den Gehirnen der Insekten heben sich verschiedene Teile mit mehr oder weniger großer Deutlichkeit ab. Solche sind zunächst die Endanschwellungen (Endstätten oder primären Zentren) gewisser Sinnesnerven, insbesondere der Sehnerven und des Antennen-(Fühler-)Nerven. Diese Sehlappen (Sehloben) und Riechlappen (Antennalloben) am Gehirn haben begreiflicherweise mit den vorhandenen komplizierteren psychischen Fähigkeiten wenig zu tun, ihre Größe geht genau parallel der Stärke der zu ihnen tretenden Nerven und damit der Größe der betreffenden Sinnesorgane. Tiere mit großen Augen, wie z. B. das meer-

[1]) *H. Vogt*, Geometrie und Ökonomie der Bienenzellen. Breslau 1911.

bewohnende Krebschen Hyperion, haben relativ große Sehloben an ihrem Gehirn, und bei unseren großäugigen Libellen bilden die Sehloben den größten Bestandteil des Gehirns.

Wichtiger für die eigentlich psychologische Beurteilung des Insektengehirns werden natürlich solche Teile an ihm sein, die durch Verbindung mit mehreren anderen Hirnteilen sich gewissermaßen als Zentralorgane mehr oder weniger vielseitiger Verrichtung kennzeichnen. Es wird z. B. ein „Zentralkörper" am Insektengehirn beschrieben, und er mag wohl eine derartige Verrichtung haben. Noch viel wahrscheinlicher aber ist dies für die sogenannten „pilzhutförmigen Körper", welche, an der Rückenseite des Gehirns gelegen, wohl keinem Insekt fehlen, auch bei Krebstieren in ähnlicher Weise ausgebildet sein dürften, auch bei Tausendfüßern vorhanden sind [1]) und gleichsam ihre Vorstufen in den Gehirnen der Regenwürmer erkennen lassen[2]), und die seit *Dujardins* Untersuchungen oft als die Intelligenzorgane des Insektengehirns bezeichnet worden sind.

Diese pilzhutförmigen Körper, auch Becher genannt, sind bei den verschiedenen Insekten in der Tat sehr verschieden entwickelt, und ihre höchste Entwicklung und bedeutendste Größe weisen sie bei Ameisen, Bienen und Wespen auf. Schon diese Tatsache läßt annehmen, daß sie mit den psychischen Leistungen viel zu tun haben, wenn auch die oft niedergeschriebene Behauptung, daß die pilzhutförmigen Körper mit „allen" Teilen des Gehirns Verbindungen hätten, nach dem gegenwärtigen Stande der Kenntnisse noch auf recht schwachen Füßen steht; denn sicher bekannt sind nur Verbindungen dieser Körper mit den Seh- und Riechanschwellungen sowie indirekte mit den Endigungen der kleinen Ozellarnerven (welche von den kleinen Punktaugen oder Ozellen, die neben den beiden großen Augen in Dreizahl vorhanden sind, ausgehen).

Viallianes hat das Wort geprägt, zwischen einem Heuschreckengehirn und dem Gehirn einer Wespe sei im Hinblick auf die hier in Rede stehenden Zentralorgane ein ebenso großer Unterschied, wie bei den Wirbeltieren zwischen dem Gehirn eines Frosches und eines Säugetieres. Das ist wohl durchaus richtig; womit jedoch — bei den Säugetieren wie bei den Insekten — nicht gesagt ist, daß diejenigen Formen, welche gewöhnlich als die niedrigsten gelten, auch das einfachste Gehirn aufweisen. Als vielmehr jemand unlängst eigens das Gehirn eines „niederen" Insekts (Lepisma) untersuchte, fand er an ihm keine besondere Einfachheit des Baues, sondern nur ein hochgradiges Abweichen von den sonst bekannten Verhältnissen.

Im einzelnen sind die pilzhutförmigen Körper nach einer Untersuchung von *Flögel* [3]) am schwächsten unter allen Insekten bei den Halb-

[1]) *B. Haller,* Über den allgem. Bauplan des Tracheaten-Syncerebrums. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 65, 1904.

[2]) *C. H. Turner,* Notes on The Mushroom Bodies of the Invertebrates. Zoolog. Bull. Boston. Bd. II. 1899.

[3]) *J. H. L. Flögel,* Über den einheitlichen Bau des Gehirns in den verschiedenen Insekten-Ordnungen. Zeitschr. f. wiss. Zoolog. Leipzig 1878.

flüglern entwickelt, also bei den Wanzenarten, sie stellen hier angeblich nichts mehr als Rudimente dar. In größerer Entwicklung finden sie sich schon bei Bremsen, bei den Libellen, bei den Wasserkäfern, noch größer bei den Heuschrecken, beim Ohrwurm, bei kleinen Schmetterlingen, bei Gallwespen und Blattwespen. Viele Schmetterlinge jedoch, z. B. Cossus, Vanessa, Sphinx zeigen die Becher in viel bedeutenderer Ausbildung, ähnlich die Küchenschabe (Blatta), und nun kommen wir zu den Formen, bei welchen sie den Höhepunkt erreichen: Ameise, Biene und, auch diese noch übertreffend, die Wespe.

Die Gehirne der Ameisen und Bienen sind besonders interessant dadurch, daß sich bei ihnen bei den verschiedenen Geschlechtern bzw. Geschlechtsformen noch bedeutende Unterschiede in der Größe und Ausbildung des Gehirns zeigen, worauf zwei neuere Untersuchungen von *Jonescu* und *Pietschker* eingehen.[1])

Bei der Biene sind die drei Geschlechtsformen bekanntlich die Drohne (das Männchen), die Königin (das Weibchen) und die Arbeiterin (das rudimentierte Weibchen). Der erste Anblick des Gehirns lehrt, daß die Bienenmänner, die Drohnen, die größten Gehirne besitzen, dann folgen die Arbeiterinnen, die verkümmerten Weibchen, und die Königin weist schließlich die geringste Gehirngröße auf. Diese Unterschiede sind natürlich weit auffälliger als die zwischen männlichen und weiblichen Gehirnen beim Menschen und haben viel mehr zu sagen als diese, welche möglichenfalls sich schon im Zusammenhange mit der durchschnittlich erheblicheren Körpergröße des Mannes erklären könnten. Es folgt aber aus obigen Angaben noch nicht, daß die Bienenmänner die klügsten Tiere ihrer Art wären. Denn der Hauptsache nach beruht ihre erhebliche Gehirngröße lediglich auf den Endanschwellungen der Sehnerven, und diese beruhen wieder auf der Größe der Drohnenaugen und erklären sich daraus, daß der Drohne die Aufgabe zufällt, der Königin auf dem Hochzeitsfluge zu folgen, wozu gutes Sehvermögen gehört. In gleichem Maße, wie bei der Drohne die Sehanschwellungen, sind bei der Arbeitsbiene die Riechanschwellungen stark entwickelt, weil mit Hilfe dieser Organe der größte Teil der Nestbau-, Futter- usw. Arbeit zustande kommt. Bei der Königin stehen diese Sinneszentren an Ausbildung am weitesten zurück, aber nicht nur diese Sinneszentren. Auch die Assoziationsapparate sind bei ihr am schwächsten ausgebildet, und insbesondere gilt dies von den sogenannten „pilzhutförmigen Körpern". Viel erheblicher als bei der Königin sind sie bei der Drohne und der Arbeiterin entwickelt, und zwar steht in dieser Hinsicht die Arbeiterin am vorzüglichsten da, namentlich beim Vergleich dieser Organe mit der viel geringeren Körpergröße der Arbeitsbiene. Bei diesen Tieren fällt also der Königin das leichteste und am wenigsten verantwortungsreiche Leben zu, „mitten durch" sind die Männer, und die Arbeitsbienen

[1]) *C. N. Jonescu*, Vergleichende Untersuchungen über das Gehirn der Honigbiene. Jenaische Zeitschrift, Bd. 45, N. F. Bd. 38, 1909. *H. Pietschker*, Das Gehirn der Ameise. Ebenda Bd. 47, N. F. Bd. 40, 1910.

haben das meiste zu tun und verfügen auch über die größten „Intelligenzorgane". Doch ist der Ausdruck „Intelligenz" hier wirklich voll am Platze? Keineswegs, denn zweifellos sind die im Verhalten der drei Geschlechtsformen bemerkbaren Unterschiede, welche sich ja in den Unterschieden des Gehirnbaues widerspiegeln, in ersterer Linie nur Unterschiede des instinktiven Verhaltens.

Ähnlich wie bei den Bienen ist es bei den Ameisen. Die pilzhutförmigen Körper sind nun bei der Ameisenarbeiterin wiederum am stärksten entwickelt, dann folgt bereits — zum Unterschiede von der erst an letzter Stelle kommenden Bienenkönigin — das Ameisenweibchen, und dann kommen die Männchen, welchen man früher die „Intelligenzorgane" ganz absprechen zu müssen glaubte.

Auch hier werden wir wohl mit *Ziegler*[1]) in den pilzhutförmigen Körpern den hauptsächlichsten Sitz nicht nur der Verstandestätigkeiten, sondern auch der hochentwickelten Instinkte zu erblicken haben. Und so wenig wir dazu neigen können, Verstandesleistungen den Bienen und Ameisen abzusprechen oder diese Tiere gar für Reflexmaschinen zu erklären, so ist doch der Bau ihres Gehirnes, wenigstens soweit bis jetzt erkennbar, anscheinend in viel höherem Grade von den Instinkten abhängig.

Andere wirbellose Tiere.

Die auf den vorangegangenen Blättern noch nicht zur Sprache gekommenen unter den wirbellosen Tieren können wir etwas summarischer behandeln, denn über sie ist weniger zu sagen, was teils in der Sache selbst liegt, teils darauf beruht, daß sie bisher weniger der Gegenstand neuropsychologischer Studien waren.

Unter allen Weichtieren (Mollusken), ja vielleicht unter allen wirbellosen Tieren überhaupt kommen die Cephalopoden (Tintenfische) den Wirbeltieren im Charakter ihrer Organisation am nächsten. Bei ihnen finden wir auch recht deutlich ausgebildete Gehirne, es sind dies die größten Gehirne, welche im Bereiche der Wirbellosen überhaupt vorkommen. Entstanden sind sie wohl durch Konzentrierung der bei den übrigen Mollusken mehr verstreut im Körper liegenden Ganglienknoten, aber weshalb ist diese Konzentrierung, diese Vereinigung der verschiedenen Ganglien auf eine Stelle im Kopfe eingetreten? Wahrscheinlich deshalb, weil zwischen den Ganglien vermehrte Nervenverbindungen sich ausbildeten, für welche es eine Abkürzung des Weges, eine Materialersparnis bedeutet, wenn diese einzelnen Ganglien näher aneinanderrücken als bei denjenigen Mollusken, bei welchen sie weniger Beziehungen zueinander als zur „Peripherie" des Körpers mit seinen Sinnes- und Bewegungsorganen haben. Somit wird schon durch die erhebliche Konzentration des Nervensystems bei den Cephalopoden wahrscheinlich, daß wir hier bestimmte Teile des Gehirns als Zentralorgane im engeren Sinne, in ähnlichem Sinne wie beim Großhirn

[1]) *H. E. Ziegler,* Der Begriff des Instinktes einst und jetzt. II. Auflage. Jena 1910.

der Säugetiere oder beim Kleinhirn der Fische oder bei den pilzhutförmigen Körpern der Insekten, werden auffassen müssen, und tatsächlich haben anatomische und physiologische Untersuchungen wahrscheinlich gemacht, daß die sogenannten drei „Zentralganglien" des Cephalopodengehirns eine derartige übergeordnete Bedeutung haben, während sie andererseits mit bestimmten Ganglien der übrigen Mollusken nicht ohne Weiteres zu homologisieren sind.

Bei den übrigen Mollusken, ferner bei den Würmern, den Stachelhäutern (Echinodermen) und den Hohltieren (Coelenteraten) ist das Nervensystem stets viel weniger konzentriert, viel mehr diffus, wenn wir auch nirgends den hypothetischen Urzustand ganz verwirklicht finden, bei welchem ein Netz von Nervengewebe den ganzen Körper ganz gleichmäßig durchzöge. Bei den Würmern und Plattwürmern finden wir stets eine freilich oft sehr kleine gehirnartige Anhäufung von Nervenzellen und -fasern im Vorderende des Körpers. Die Bedeutung derselben kommt im Verhalten der Tiere für unser hierfür nicht hinreichend geübtes Auge in nichts zum Ausdruck. Wenn eine Planarie nach Querdurchschneidung ihres Körpers mit ihren beiden Hälften mit der gehirnhaltigen wie mit der gehirnlosen dieselben Bewegungen ausführt wie vorher, so besagt dies, daß wir über die Bedeutung des „Gehirns" nichts wissen. Nicht bei allen Tieren ist eine auf *einen* Punkt gerichtete Zentralisierung des Nervensystems bemerkbar, sondern bei strahlenförmig gebauten Tieren ist dies ganz anders als bei den bilateral-symmetrischen (zweiseitig-symmetrischen). So finden sich bei den Scyphomedusen, der *einen* Abteilung unter den Medusen oder Quallen, 8 über den Scheibenrand verteilte, um je einen Sinneskörper konzentrierte Bezirke verdichteter Nervenzellen und -fasern, und bei den Hydromedusen, der *zweiten* Abteilung dieser Tiere, gibt es einen den Scheibenrand entlang laufenden Nervenring, der — gleich jenen Randkörperbezirken der Scyphomedusen — besonders reich an Nervenzellen und -fasern ist. Was speziell die Scyphomedusen betrifft, so nähert sich bei diesen ein Individuum infolge der besagten Beschaffenheit des Nervensystems bereits dem Zustande der aus mehreren Individuen zusammengesetzten Tierkolonien oder Tierstöcke an, natürlich nur in physiologischer Hinsicht, nicht in morphologischer. Bei den Actinien, den Seeanemonen, Seerosen, Seenelken oder wie man sie nennen mag, ist gleichfalls eine gewisse Anreicherung mit Nerven auf der Mundscheibe und auf der Innenseite der Tentakeln erkennbar.

Den Schwämmen (Spongien) fehlen Nerven, so viel man weiß, gänzlich.

Fragen wir uns nun, was wir nach den erwähnten Tatsachen über den Bau des Nervensystems erwarten dürfen in bezug auf die Leistungen des Nervensystems dieser wirbellosen Tiere?

So viel ist ja ganz klar, daß die verminderte Zentralisation des Nervensystems, seine mehr diffuse Anordnung oder gar die bis zu gewissem Grade durchgeführte Dezentralisation desselben bei den Medusen zur Folge

hat, daß die einzelnen Teile des Tierkörpers weniger gemeinsam arbeiten, einander weniger „in die Hände arbeiten", daß statt eines harmonischen Zusammenwirkens der Teile mehr Selbständigkeit der einzelnen Teile erreicht wird. Es ist wohl, beiläufig bemerkt, die Frage, ob dies durchaus ein niederer Zustand gegenüber der auf ein Zentrum gerichteten Konzentration des Nervensystems ist, wie sie vornehmlich die Cephalopoden, die Gliedertiere und die Wirbeltiere auszeichnet.

Viel schwieriger wäre, „a priori" zu entscheiden, ob mit verminderter Zentralisation des Nervensystems auch die Fähigkeit zur Erwerbung neuer Verknüpfungen im individuellen Leben, also zum Lernen vermindert, oder bis zum Fehlen geschwunden sein muß, ob also diese Fähigkeit, bei welcher man in gewisser Weise die „Psychologie" erst anfangen lassen kann, wie ja auch manche mit ihr den Eintritt des ersten Bewußtseins vermuten, der Mehrzahl der wirbellosen Tiere fehlt.

„A priori" ist die Frage wohl kaum zu entscheiden, sehen wir daher zu, was wir über die Lebensweise und Funktionen der hier in Rede stehenden wirbellosen Tiere wissen.

Vorab behandeln wir kurz die Cephalopoden. Wir erwähnten schon die 3 Zentralganglien, jetzt sei noch bemerkt, daß nach deren Fortschneidung eine hochgradige Steigerung aller Reflexe, also wahrscheinlich ein Ausfall zahlreicher Hemmungen eintritt, dazu eine unerwartete Lebhaftigkeit des Farbenspiels. Diese Tatsachen sind sehr interessant, sie besagen aber in psychologischer Hinsicht wohl nichts, sie gehören durchaus ins Bereich der Physiologie (und wollen auch nichts anderes sein).

Ins Bereich der Psychologie würde aber die Beobachtung *Th. Beers* gehören, daß ein Pulp sich den leckeren Inhalt einer mit geöffneten Schalen daliegenden Muschel zu verschaffen wußte, indem er vorsichtig einen Stein zwischen die Schalenklappen brachte und somit dem Tiere das Zusammenschließen der Schalen unmöglich machte. Es wäre dies ein dermaßen nach Überlegung aussehender Fall, daß er sich allenfalls nur den Leistungen der Vögel und Säugetiere anreihte.

Weniger anspruchsvoll sind die Angaben *Baglionis*[1]), welche uns außer vielen Tatsachen zur Reflexphysiologie des Octopus auch einige auf Modifizierbarkeit der Reflexe hindeutende Erscheinungen kennen lehren. So gewöhnt sich Octopus an wiederholte unschädliche Reizwirkungen, wie kontinuierliche Wasserströmungen, auf die er nach einiger Zeit nicht mehr mit Änderung der Hautfarbe und Zusammenfahren des Körpers reagiert. Diese „Gewöhnung" ist etwas der „Zähmung" in unseren früheren Beispielen ganz Analoges: Ablegung der Abwehr- und Fluchtreflexe, die anfangs bei ungewohnten Reizen eintraten. Ein geblendeter Octopus erkennt ferner ein ihm gereichtes Glasrohr beim zweiten Male schneller als ungenießbaren Gegenstand denn beim ersten Male. Als Ortsgedächtnis

[1]) *Baglioni,* Zur Kenntnis der Leistungen einiger Sinnesorgane (Gesichtssinn, Tastsinn und Geruchssinn) und des Zentralnervensystems der Cephalopoden und Fische. Zeitschr. f. Biologie, Bd. LIII.

dieses Tieres kann es wohl aufgefaßt werden, daß er seine Speisereste und Exkremente immer an einen und denselben Ort des Aquariums ablagerte.

Was die übrigen Wirbellosen anbetrifft, so steht es mit deren Vermögen, Erfahrungen mit einander zu verknüpfen, also etwas zu lernen, zweifellos schwächer. Dennoch fehlt es ihnen nicht ganz. Der Versuch, die Tiere so viel lernen zu lassen, daß sie eine von 2 Öffnungen regelmäßig als Zugang zum Futter benutzen, der bei Krebsen allerdings sehr langsam zum Ziele führte (*Yerkes* und *Huggins*)[1]), blieb bei Mollusken, Würmern und Seesternen aber auch in viel längerer Zeit erfolglos (*Bohn.*)[2]) Gleichwohl liegt sicher eine Fähigkeit zur Verwertung von „Erfahrungen", wenn man so sagen will, zum Lernen vor bei den Actinien und Hydroiden, nach den Beobachtungen von *Zoja*[3]) und *M. Wolff*[4]), welcher sogar von einer „Zähmung" bei Tubularia mesembryanthemum spricht. „*Zoja* konnte nämlich sehr häufig beobachten, daß frisch aus den Wassergräben gefangene Hydren oder solche, die aus Aquarien genommen waren, wo sie lange Zeit nicht beunruhigt waren, recht große Reizempfindlichkeit zeigen, solche dagegen aus Untersuchungsgefäßen, wo das Wasser immer wieder gewechselt und das Tier fortwährend gereizt wird, kontrahieren sich häufig nur schwach oder gar nicht, wenn man sie aus einem Gefäß ins andere bringt." „Zu meinem Erstaunen," sagt *Wolff* weiter, „bemerkte ich, daß jetzt (d. i. zwei Tage nach Einbringung der Tiere ins Aquarium) trotz der starken Strömung alle Hydranten schön ausgestreckt waren, ja ihre Tentakeln wurden im anmutigsten Spiel von den aufsteigenden Luftblasen hin und her bewegt. Ich schloß daraus, daß die Tiere sich nunmehr an diese bestimmte Reizart gewöhnt hatten. Denn daß nicht etwa eine Ermüdung der Nervenzellen oder der kontraktilen Fortsätze der Neuromuskelzellen vorlag, ließ sich sehr leicht feststellen . . . ." In der Tat gelang diese Feststellung durch eine Reizung mit einer Nadel wohl einwandfrei. Die Frage, ob nach diesen Beobachtungen den Hydrariern ein bewußtes Gedächtnis abgesprochen werden müsse (wie *Zoja* meint) oder zugesprochen (wie *Wolff* meint), dürfen wir natürlich ablehnen, zu beantworten. Jedenfalls aber liegt mindestens bereits der Anfang von dem, was wir Lernen nennen müssen, vor.

Hierher dürfte auch die so sehr interessante, von *Piéron* und *Bohn*[5]) nachgewiesene Anpassung der Aktinien an die rhythmischen Schwankungen des Wasserstandes infolge des Pulsschlages der Ebbe und Flut gehören. Eine in der Gezeitenzone des Meeres festsitzende Aktinie schließt sich,

[1]) *R. Yerkes* und *G. E. Huggins*, Habit formation in the crawfish Cambarus affinis. *Harvard* Psychol. Studies, vol. I, 1903.

[2]) *Bohn*, La naissance à l'intelligence, Paris, Felix Alcan.

[3]) *R. Zoja*, Alcune ricerche morphologiche e fisiologiche sull'Hydra. Dissertation. Pavia 1890.

[4]) *M. Wolff*, Das Nervensystem der Polypoiden Hydrozoa und Scyphozoa. Zeitschrift für allgem. Physiologie, Bd. 3, 1903.

[5]) Compt. rend. des seances de la Soc. de Biol. Tom. LIX, p. 658—660 u. 662—663.

wenn das Wasser zurückweicht, sie öffnet sich, wenn es wieder steigt. Es könnte scheinen, als wüßte die Aktinie im voraus, daß ein Zurücktreten oder eine Wiederkehr des Wassers eintreten wird. Und wenn auch die Schließung eine Folge nicht nur von dem gänzlichen Zurückweichen des Wassers, sondern auch von der Verminderung seines Sauerstoffgehaltes, das Sichöffnen der Aktine von der Bereicherung mit Sauerstoff abhängt, so können doch diese rhythmischen Bewegungen, wie insbesondere *Bohn* zeigte, zur Gewöhnung werden, so daß sie sich auch im Aquarium nach Fortfallen der Schwankungen des Wasserstandes noch 8 Tage lang konstatieren lassen. Diese „tendance latente" ist als Zeitgedächtnis oder Zeitsinn dem Ortsgedächtnis oder Ortssinn in gewisser Weise vergleichbar, und wie das Ortsgedächtnis auf der Verknüpfung von Eindrücken von der Umgebung mit Bewegungsempfindungen beruht, so beruht diese Fähigkeit der Aktinien auf Verknüpfung von Eindrücken der Umgebung und denjenigen Eindrücken, welche, beim Menschen nicht weniger dunkel wie bei jenen Tieren (vielleicht auf irgendwelchen Sekretionsprozessen oder ähnlichem beruhend), den Zeitsinn vermitteln, mit Bewegungseindrücken; sie ist also jedenfalls mindestens der Anfang eines Lernvermögens, und dieses fehlt mithin wie es scheint, wenn wir auch aus der großen Klasse der Echinodermen noch keine Tatsache dafür angeben können, auch im Bereiche der Wirbellosen keiner Tierklasse ganz.

Suchen wir die zuletzt erwähnten Tatsachen „nach oben hin" in Beziehung zu setzen mit anderen, so tritt an uns die Frage heran, ob wir sie als verknüpft mit Bewußtsein betrachten sollen oder nicht. Wir haben schon oft hervorgehoben, daß diese Frage hier nicht zur Diskussion steht. Nur sei nachdrücklich darauf hingewiesen, daß zwischen diesen Fähigkeiten z. B. der Aktinien und den komplizierten Gehirnleistungen eines Säugetieres, selbst des Menschen, keine prinzipiellen Unterschiede, wohl aber Übergänge bestehen.

Suchen wir jedoch die Tatsachen aus der Neurologie und Psychologie der Aktinien „nach unten hin" in Beziehung zu anderen zu setzen, so möchte man sich wahrlich fragen, ob hier das Nervensystem wirklich das wesentliche, die unerläßliche Vorbedingung für das Zustandekommen des „Lernvermögens" ist; was allerdings wohl der allgemeinen Annahme entsprechen würde und von *Zoja* ausdrücklich als seine Annahme ausgesprochen wird.

Ganz ähnliche Rhythmen wie wir sie hier von den Aktinien kennen gelernt haben, gibt es ja auch bei den der Nerven gänzlich entbehrenden Pflanzen in den sogenannten Schlafbewegungen der Pflanzen, welche ja gleich den Rhythmen der Aktinien bei Fortfall des sie verursachenden Reizes (des regelmäßigen Tag- und Nachtwechsels) fortbestehen.

In der Tat, hält man diese Tatsachen nebeneinander, so scheint es fast, als ob dieser Grad des Lernvermögens im Grunde eine Eigenschaft des lebenden Organismus als Ganzen ist und daß es sich nur um eine sekundäre, lediglich im Tierreiche ausgeprägte Eigenschaft handelt, wenn

zur Verrichtung dieser Leistungen ein Nervennetz oder Nervensystem ausgebildet ist, d. h. wenn sich bestimmte Zellen absondern und lange Fortsätze bekommen, in welchen die Reizleitung schneller vonstatten geht, als im übrigen Gewebe, welches sogar daraufhin die Fähigkeit der Reizleitung fast völlig verliert. Somit werden wir uns nicht wundern, wenn wir auch bei nervenlosen Tieren eine Spur von Lernvermögen auffinden. Bei den des Nervensystems entbehrenden Schwämmen (Spongien) liegen allerdings keine einschlägigen Beobachtungen vor, wohl aber haben wir solche aus dem Bereiche der

Protozoen.

Im Körper der Protozoen, der stets eine einzige, jedoch — das darf man wohl auch für die Amöbenarten sagen — komplizierte Zelle darstellt gibt es zwar öfter feine muskulöse Differenzierungen, d. h. sehr feine contractile Fädchen, welche dicht unter der Oberfläche gelegen sind und die Zusammenziehung und Formveränderung bei den Wimperinfusorien hervorrufen und sich z. B. beim Trompetentierchen Stentor in der ganzen Längsrichtung des trichterförmigen Leibes erstrecken, bei dem Glockentierchen Vorticella aber sogar in den dünnen Stiel hineinreichen, in ihm den sogenannten Stielfaden bilden und die spiralige Zusammenziehung des Stieles verursachen können (während bei gewissen anderen Protozoen die Formänderung des Körpers durch die Kontraktilität des ganzen Plasmaleibes erreicht wird). Niemals jedoch gibt es etwas wie Nervenfäserchen oder gar Nervenzentren, niemals also Andeutungen von einem Nervensystem in einer Protozoenzelle. Zwar hat man gelegentlich sogenannte „Neurophane", feine Fädchen, denen man die Fähigkeit der Reizleitung zuschreiben zu sollen glaubte, in Protozoenzellen färberisch darstellen können, doch liegt wohl nicht der genügende Beweis vor, daß dies wirklich reizleitende Elemente wären.

Obwohl nun aber ein Nervensystem den Protozoen nach dem Gesagten abzusprechen ist, können wir den Protozoen solche Verrichtungen, die man gewöhnlich für ans Nervensystem gebunden erachtet, nicht völlig absprechen. Die Protozoen können lernen.

Nachdem nämlich eine frühere Angabe von *Metalnikow*, wonach das Pantoffeltierchen (Paramaecium) nach Fütterung mit einem unverdaulichen Stoffe (Karminkörnern) diesen nach Ablauf einer bestimmten Zeit verschmäht, andere bekömmlichere Nahrung dagegen noch annimmt, nachdem diese Angabe, wonach das Paramaecium eine Erfahrung zu verwerten imstande wäre, nicht unwidersprochen geblieben ist, dürften sich die Angaben von *Day* und *Bently*[1]), die durch genaue zahlenmäßige Protokolle gestützt sind, als zuverlässiger erweisen. Ein einziges Tier (Paramaecium), in ein Capillarröhrchen gesperrt, in welchem es, wenn es mit seinen Bewegungen

[1]) *Lucy M. Day* and *Madison Bently*, The Journal of Animal Behavior, Vol. 1. 1911, pag. 67.

an die mit Wachs verstopften Enden des Röhrchens gelangte, nur unter starker Krümmung des Körpers umkehren konnte, „lernte“ die hinreichend starke Umkrümmung in einiger Zeit, so daß sie ihm beim erstmaligen Umkehren erst nach vielen Versuchen gelang, beim zweitmaligen schon viel schneller und bei der 15. Umkehrung oft auf Anhieb, ohne vergebliche Versuche. Diesen Angaben liegen Beobachtungsreihen an einer Anzahl Tieren zugrunde, und sie sind unter Anwendung von besonderen Kautelen angestellt; beispielsweise vergewisserten sich die Autoren darüber, daß nicht etwa eine zunehmende Anreicherung des in dem Röhrchen eingeschlossenen Wassers mit Kohlensäure die erleichterten Umkehrungen zur Folge hatte.

Somit ist also das Lernvermögen bei Protozoen durch dieses eine Experiment festgestellt, und das gibt zu denken Anlaß.

Bevor wir aber ans Denken gehen, sei noch erwähnt, daß man auch noch in anderer Hinsicht die ursprünglich nur für die Funktionen des Nervensystems geprägten Ausdrücke auch bei den nervenlosen Protozoen anwenden kann: zunächst ist kein Zweifel, daß man für unveränderliche, mit einer gewissen Starrheit immer wiederkehrende Reizbeantwortungen bei Protozoon den Ausdruck Reflex anwenden kann, obschon er ursprünglich für die einfacheren Funktionen des Nervensystems geprägt ist.

Aber auch wenn obige Beobachtung über das Lernvermögen bei einem Protozoon nicht vorläge, wäre fraglich, ob sich das Verhalten der Protozoen in Reflexen erschöpfte. *Jennings*, der so genau wie kein zweiter das Verhalten der Protozoen unter natürlichen und experimentellen Bedingungen beobachtet hat, spricht sich wenigstens dahin aus, daß die Bezeichnung Reflex auf das Verhalten der Amöben keineswegs paßt, die fressende Amöbe handelt nicht nach einem bestimmten Schema, sie reagiert nicht das eine Mal genau so wie das andere Mal. Bei der Reichhaltigkeit ihres Verhaltens in allen seinen Einzelheiten kommt *Jennings* sogar zu dem bereits öfter zitierten Ausspruche, daß man einer Amöbe, wenn sie ein größeres Tier wäre, die Empfindungen von Hunger und Schmerz mit demselben Rechte zuschreiben würde, wie dem Hunde. Freilich sind diese Worte nicht gerade im Hinblick auf unsere gegenwärtigen Ansichten in der Psychologie der Säugetiere geschrieben worden, immerhin aber besagen sie mindestens soviel, daß das Verhalten der Einzelligen auch in psychologischer Hinsicht viel Mannigfaltiges und Schwieriges bietet.

Manche Tatsachen könnten vielleicht auch andeuten, daß — entgegen üblichen Anschauungen — im Protozoenkörper es bis zu gewissem Grade zu einer Zentralisierung der Funktionen komme, so daß die einzelnen Teile dem „Willen“, ich meine den Erfordernissen des Ganzen gehorchen. Allerdings wenn eine Amöbe zwei Nahrungskörperchen in ihrer Nähe findet und sie sich nun mit dem einen Ende auf den einen, mit dem anderen auf den anderen stützt und sie selbst sich hierbei in zwei nur durch eine schmale Brücke verbundene Hälften teilt, dann sieht es aus, als ob das Verhalten der Amöbe von dem eines leblosen Gallerttröpfchens nicht sehr verschieden wäre. Wenn dagegen eine Amoeba proteus, so

lange sie im freien Wasser schwebt, zahlreiche Fortsätze nach allen Richtungen ausstreckt, im Moment aber, wo ein Fortsatz einen festen Gegenstand berührt, alle übrigen eingezogen werden, dann scheint es doch, als reagiere der Organismus der Amöbe als Ganzes. Und das ist in noch höherem Grade der Fall, wenn wir uns die Kriechbewegung der Amöbe vergegenwärtigen, wie sie sich nach *O. P. Dellinger* ausnimmt. Der Autor beobachtet bei der ihm vorliegenden Art weder die rollende, noch die fließende Bewegung, die beide bei manchen Amöbenarten vorkommen, sondern er sah, daß das Tier gleichsam auf Fortsätzen geht, einen langen Fortsatz ausstreckt, diesen an einer neuen Stelle der Unterlage befestigt, sich von den alten Befestigungspunkten löst und darauf seinen Körper durch eine Kontraktion der neuen Befestigungsstelle nähert, ihn hier wieder mittels eines oder einiger Fortsätze anheftet, wieder einen neuen Fortsatz ausstreckt usf. Diese Bewegungsweise erinnert durchaus an die des Blutegels, und wenn der Autor sagt, die Bewegung der Amöbe sei nach seinen Beobachtungen nicht schwerer zu erklären als die des Blutegels, so müßte man statt „nicht schwerer" lieber sagen: „nicht leichter". Denn oft hat man die Amöbenbewegung als die am leichtesten unter allen Bewegungsarten erklärbare und als die Urform der Bewegung hinstellen wollen.

Nach allen vorstehenden Angaben sowie nach weiteren Daten, die jedoch zu meinem heutigen Thema nicht gehören, sind die Protozoen zweifellos schon recht verschieden von einfachen Mechanismen, und dies entspricht ja auch durchaus der schon eingangs erwähnten, neuerdings sich Bahn brechenden Anschauung, daß die Protozoen dem Lebensanfange nicht näher stehen als irgend welche anderen Lebewesen. Sie sind nicht in Wahrheit von niedriger Organisation, sondern von ganz anderer als die vielzelligen Tiere, die Metazoen, und die Verschiedenheit hat ihren tieferen Grund zum großen Teile in der geringeren Größe.

Nur von diesem Gesichtspunkte aus können wir auch der merkwürdigen Erscheinung, daß das nervenlose Plasma der Protozoen das Vermögen besitzt zu lernen, also ältere Erfahrungen mit neueren zu verknüpfen, und zwar verwertend zu verknüpfen, mit einigem Verständnis begegnen. Was heißt denn das, Erfahrungen verwerten? Ich glaube, man kommt diesem im täglichen Menschenleben nicht ungebräuchlichen Ausdrucke nur dann mit tieferem Verständnis näher, wenn man sich klar macht, daß das Verwerten von Erfahrungen zu den „zweckmäßigen" Erscheinungen im Reiche des Lebenden gehört. Damit will ich nicht einem dogmatischen Vitalismus das Wort sprechen, aber doch darauf hinweisen, daß hier selbst die Pforte für das Verständnis der Ideen der Psychovitalisten zu finden ist. In der Tat, wenn ein Organismus Erfahrungen verwertet, und wenn er zweckmäßige Wachstumsreaktionen zeigt, so gehören diese beiden Phänomene zusammen in eine größere Kategorie. In einem Falle führt er nämlich Bewegungen aus, im anderen Falle erfährt er Gestaltveränderungen, in beiden Fällen aber reagiert er „zweckmäßig", d. h. so, wie es der Erhaltung seiner

selbst dient. Die Fähigkeit, Erfahrungen zu verwerten, ist gerade so erstaunlich, wie z. B. die des rudimentären Olmauges, bei dauerndem Aufenthalte im Lichte zu einem großen sehenden Auge zu werden. Es ist nicht ganz leicht, sich von diesen Erscheinungen eine rein mechanische Erklärung zu geben. Auch die Untersucher der Regenerationsvorgänge haben teilweise behauptet bzw. zugegeben, daß die Fähigkeit zur zweckmäßigen Reizbeantwortung beim Ersatz verloren gegangener Teile dem Leben „von Anfang an" eigen sei.

Wenn dem nun so wäre, dann brauchten wir allerdings gar nicht die schöne *Darwin*sche Theorie, denn wenn das Zweckmäßige vom Lebensanfang an da ist, dann braucht es nicht auf dem Wege der Selektion zu entstehen. Der Darwinist darf natürlich darauf antworten, eben diese allem Leben eigene Zweckmäßigkeit sei bereits etwas durch Selektion Entstandenes, das erste Einsetzen der Selektion müssen wir also in unserer Vorstellung gewaltig zurückverschieben; der Vitalist hat dann das Recht zu entgegnen, das sei nur eine Verlegenheitserklärung; denn wenn man wolle, könne man sich in der Tat mit Hilfe der Selektionstheorie das Zustandekommen jeder einzigen zweckmäßigen Eigenschaft erklären.

Rückblick.

Mit wenigen Worten wollen wir hier einige Grundgedanken unserer Darlegungen in übersichtiger Form rekapitulieren.

Die Fundamentalfrage der „Vergleichenden Neurologie und Psychologie" ist offenbar die: inwieweit können wir die Organisation des Nervensystems und die psychischen Leistungen bei den Tieren zueinander in Beziehung setzen? Was können wir für die Psychologie im Nervensystem lesen?

Vor allem ist zu bedenken, daß diesem Problem Schwierigkeiten anhaften, die nicht nur in der Lückenhaftigkeit der vorliegenden Untersuchungen, sondern auch großenteils in der Sache selbst liegen, indem vielleicht die Frage nicht ganz richtig gestellt ist.

Denn zunächst sehen wir, daß es gewisse „psychische" Leistungen, ich meine einen gewissen Grad von Lernvermögen gibt, der, weil auch bei nervenlosen Protozoen vorkommend, nicht an den Ausbildungsgrad des Nervensystems gebunden ist; und somit können wir aus dem bloßen Bau des Nervensystems niemals entnehmen, ob nicht ein schwacher Grad des Lernvermögens vorhanden ist. Auch die Zentralisation des Nervensystems spielt hierbei wohl keine Rolle, ein Organismus mit stark zentralisiertem Nervensystem ist nicht notwendig in höherem Grade zum Lernen befähigt als einer mit diffusem oder mit dezentralisiertem.

Sodann ist allerdings nicht zu leugnen, daß eine reichere Entfaltung der psychischen Leistungen mit einer Vergrößerung des Nervensystems, speziell des Nervenzentrums einhergeht, und daß sich aus diesem Grunde — in verschiedener Weise bei Cephalopoden, bei Insekten, bei Wasser- und Landwirbeltieren — am Gehirn noch besondere Zentralapparate aus-

bilden, welche durch die Vielseitigkeit ihrer Verbindungen eine herrschende und überall „mitsprechende" Stellung unter den übrigen Hirnteilen einnehmen.

Was speziell die Insekten betrifft, so ist jedoch nicht ersichtlich, daß die Entwicklung des Gehirnes und speziell der Zentralteile an ihm, der sogenannten „pilzhutförmigen Körper", die voreilig schon die „Intelligenzorgane" des Insektengehirns genannt worden sind, von dem Grade des Lernvermögens abhängen, obwohl auch in dieser Hinsicht bei den einzelnen Arten sich Unterschiede finden. Ein merklicher Parallelismus besteht nur zwischen dem Ausbildungsgrade des Gehirns und der Höhe der Kompliziertheit der instinktiven Leistungen, und Instinkte sind nichts anderes als komplizierte oder aneinandergekettete Reflexe.

Bei den Wirbeltieren, wo Instinkte nicht eine gar so hohe Rolle wie bei den sozialen Insekten spielen, scheint das Vermögen, zu lernen, Erfahrungen zu verwerten, Relationen zu knüpfen oder wie man es nennen mag, sich in seinem Ausbildungsgrade deutlicher im Gehirn abspiegeln, und nun ist besonders interessant, daß die sogenannte „niederste" Klasse der Wirbeltiere, die Fische, im Bau des Gehirns sowie in dessen Leistungen den Amphibien, vielleicht auch den Reptilien sich als überlegen erweist.

Die psychologische Beurteilung des Gehirns bei den Säugetieren stößt auf große Schwierigkeiten, weil die Größe und die Furchungsstärke des Großhirns längst nicht allein von dem Grade der psychischen Leistungen abhängen, sondern auch von anderen Momenten. So haben kleinere Tiere durchschnittlich relativ größere Gehirne als größere, und größere Gehirne sind durchschnittlich („ceteris paribus") reicher gefurcht als kleinere. Unter diesen Umständen ist vielleicht aus den anatomischen Tatsachen nicht einmal mit zwingender Gewißheit ersichtlich, daß der Mensch unter allen Säugetieren das höchstentwickelte Gehirn hat, d. h. dasjenige, welches nach Ausschaltung der erwähnten Momente als das zu den höchsten psychischen Leistungen befähigte erschiene. Immerhin möchte ich die Gipfelstellung des menschlichen Gehirns unter den Säugergehirnen bis auf weiteres zugeben. Andrerseits haben gewissenhafte Untersuchungen bisher nicht zu der Überzeugung führen können, daß innerhalb der Spezies Homo sapiens die kultivierten Rassen ein reicher gefurchtes oder gar ein größeres Gehirn besitzen als die unkultivierten.

Perlen.

Altes und Neues über ihre Struktur. Herkunft und Verwertung.

Von **E. Korschelt**, Marburg.

Seite

1. Wesen und Benennung der Perlen. Geschichtliches 111
2. Perlenerzeugende Tiere 113
3. Die Struktur der Muschelschale 117
4. Die Ursachen der Perlenbildung 120
5. Entstehung der Perlen 123
   - Flußperlmuscheln 123
   - Marine Perlmuscheln. Parasitentheorie 124
6. Struktur, chemische Zusammensetzung, Härte und spezifisches Gewicht der Perlen 132
7. Farbe und Glanz 140
8. Größe und Form 141
9. Verschiedene Arten von Perlen 143
10. Perlgewinnung 147
    - Marine Perlen 151
    - Süßwasserperlen 157
    - Perlen von Schnecken 163
11. Verwendung und Verwertung der Perlen, Perlenindustrie 164
    - Schätzung und Wert 164
    - Verarbeitung 166
    - Ausbessern, Pflege, Haltbarkeit Wiederherstellung erblindeter Perlen 170
    - Verwendung zu Heilzwecken 174
12. Perlmutter und ihre Verwertung 174
13. Künstliche Perlen 176
14. Pflanzliche Perlen 177
15. Den Perlen vergleichbare Bildungen des tierischen Körpers. Schlußbetrachtung 179
    - Nachtrag 186
16. Literatur 188

1. Wesen und Benennung der Perlen, Geschichtliches.

Perlen sind aus Schichten kohlensauren Kalks und organischer Substanz aufgebaute, vom tierischen Organismus, speziell von Weichtieren, gelieferte Gebilde von zumeist regelmäßiger, gewöhnlich kugelförmiger bis ovaler Gestalt. Abweichungen von dieser Form, die sogar recht weit gehen können, sind dabei nicht ausgeschlossen: mit Recht zählt man die Perlen

zu den schönsten und liebenswürdigsten Produkten, welche der tierische Organismus hervorzubringen vermag. Ihre große Beliebtheit als Schmuckstücke und Zierrate geht bis weit in das Altertum und, wie Gräberfunde und bildliche Darstellungen zeigen, bis in die vorgeschichtliche Zeit zurück. Es scheint, daß alle Völker, denen Perlen zugänglich waren, seien es nun kultivierte oder unkultivierte gewesen, sich diesen schönen und wertvollen Schmuck nicht entgehen ließen. In China wurden sie bereits zwei Jahrtausende vor Beginn der christlichen Zeitrechnung hoch bewertet, wie alte Überlieferungen berichten. Aus solchen ist bekannt, daß Perlen ebenfalls seit Jahrtausenden von den Indiern, Persern und Juden, wie in Ägypten und Äthiopien getragen wurden. Das Gleiche war bei den Griechen der Fall, durch welche sie die Römer kennen lernten und von ihnen die Namen: margaros, margarites, lat. margarita übernahmen.

Als die Beziehungen der Römer zu den orientalischen Völkern engere wurden, zumal nach den von Pompejus geführten Kriegen und der Einnahme von Alexandrien, gelangten mit dem wachsenden Reichtum immer größere Perlenschätze nach Rom und es wurde damit schließlich ein enormer Luxus getrieben, der von den verschiedensten Seiten Widerspruch hervorrief. Aus dem Lateinischen scheint indirekt auch die jetzt gebräuchliche Bezeichnung der Perlen herzurühren, indem man sie außer mit dem Wort: margarita auch als unio und bacca bezeichnete, ersteres, weil die „unvergleichlichen Eigenschaften höchst selten zweimal in der gleichen Weise vorhanden sind", d. h. zwei Perlen von der gleichen Beschaffenheit und Schönheit sich selten finden, daher: unio, das einzige. Aus Beere, dem deutschen Wort für bacca, soll durch die Verkleinerungsform: Beerlein oder Berlin (mittelhochdeutsch), althochdeutsch berala, perala, nordisch perla, niedersächsisch und englisch pearl entstanden sein. Andere leiten das Wort Perle auf die lateinische Verkleinerungsform pirula (von pirus bzw. pirum, Birne) zurück, wegen dieser gelegentlich auftretenden Form oder vielleicht noch mehr wegen des Tragens als Gehänge wie an einem Stiel.

Von den Römern übernahmen die mit ihnen in Berührung kommenden Völker die Vorliebe für Perlen, und wir wissen, daß diese im Mittelalter eine große Rolle spielte. Zu den orientalischen Ländern, welche bis dahin die Perlen zu liefern hatten, kam dann der große Perlenreichtum Amerikas hinzu. Als *Columbus* dort landete, fand er bei den Indianern Mengen von Perlen vor, und in der Nähe einer später nach diesen Schätzen benannten Insel: Margarita, an der Küste von Venezuela, traf er die Eingeborenen bei der Perlenfischerei. Bei der späteren Unterwerfung des Landes, zumal in Peru und Mexiko, fielen ungeheure Schätze an Perlen in die Hände der Eroberer, denn nicht nur die Sitte, Perlenschmuck zu tragen, war dort außerordentlich verbreitet, man benützte Perlen auch zum Ausschmücken der Festsäle und Tempel. Dieser Reichtum an edlen Perlen floß größtenteils nach Europa ab und man liest, daß ihre Wertschätzung unter der großen Überfüllung des Marktes schließlich gelitten habe; allerdings glich sich das bald wieder aus. Jedenfalls hat sich die große Beliebtheit der Perlen als

Schmuckstücke durch die Jahrhunderte und Jahrtausende ziemlich unverändert erhalten und ist auch in unserer luxuriösen Zeit nicht zurückgegangen, vielleicht eher noch gestiegen. Bilden doch heute wie im Mittelalter und Altertum wertvolle Perlen den kostbarsten Schmuck an Prunkgewändern und Kleinodien, zieren Haar und Hals schöner Frauen und prangen in Diademen und Fürstenkronen.

Was man gemeinhin unter Perlen, echten Perlen, versteht, ist, wie gesagt, ein Erzeugnis des tierischen Organismus, und zwar nur desjenigen der Mollusken (Weichtiere). Bildungen ähnlicher Art, wie sie andere Tiere und auffallenderweise auch der pflanzliche Organismus ausnahmsweise zu erzeugen in der Lage sind, sollen späterhin noch Erwähnung finden. Unter den Weichtieren sind wieder die Muscheln die hauptsächlichsten Perlenlieferanten, denn umschlossen von der mit prachtvoller Perlmuttersubstanz ausgekleideten Schale der „Perlmuscheln" finden die aus der gleichen Substanz bestehenden Perlen die rechte Bildungsstätte. Ohne Kenntnis der Beschaffenheit der letzteren ist diejenige der Perlen nicht zu verstehen, weshalb zunächst auf die perlenerzeugenden Tiere und diejenige ihrer Organe eingegangen werden muß, welche die Perlen in der Hauptsache hervorbringen.

2. Perlenerzeugende Tiere.

Unter den Mollusken kommen als Produzenten von guten Perlen vor allem diejenigen in Betracht, deren Schalen durch den Besitz einer glänzenden Innenschicht (Perlmutter) ausgezeichnet sind. Wenn diese Vorbedingung nicht erfüllt ist, so können zwar auch Perlen hervorgebracht werden, aber sie sind unscheinbar und entsprechen in keiner Weise den vom ästhetischen Standpunkt an sie zu stellenden Anforderungen. Diesem werden nur die Perlen und Schaleninnenflächen verhältnismäßig weniger Tiere gerecht; zu ihnen gehört in erster Linie die bekannte in den tropischen Küstengewässern des Indischen und Stillen Ozeans verbreitete Margaritifera (Meleagrina, Avicula) margaritifera, die deshalb ihren kennzeichnenden Namen erhalten hat. Es ist eine große, bis 30 *cm* messende Muschel, mit stark abgeplatteter, runder, am Schloß gradrandiger Schale. Die beiden starken Schalenklappen liegen ziemlich flach auf einander, so daß in dem von ihnen umschlossenen Raum verhältnismäßig wenig Platz für das darin befindliche Tier bleibt. Äußerlich ist die Schale recht unscheinbar und erscheint häufig dadurch stark beschädigt, daß sich infolge ihrer blättrigen Struktur Teile der einzelnen Schichten ablösen und die darunter befindlichen Lagen frei werden, was bis zur Perlmutterschicht und tief in diese hinein geschehen kann; in ähnlicher Weise findet man dies bei unseren Süßwassermuscheln. Die innere Schalenfläche zeigt einen hellen, zart getönten, prachtvollen Perlmutterglanz. Von dieser Muschel (Margaritifera margaritifera) unterscheidet man mehrere Varietäten, z. B. diejenigen an der Ostküste von Arabien, welche von der typischen Art wie unter sich etwas ver-

schieden sind und daher als M. margaritifera persica und M. m. erythraeensis bezeichnet wurden. Eine andere Varietät: M. m. cumingi lebt an den Inseln des südlichen Stillen Ozeans und des östlichen Polynesiens, wieder eine andere: M. m. mazatlantica an den Küsten von Panama und Mexiko sowie im Meerbusen von Kalifornien.

Schale von *Margaritifera vulgaris* von Ceylon in natürlicher Größe (nach *Kunz* und *Stevenson*).

Verschiedene nahe Verwandte der genannten Muschel sind ebenfalls bewährte Perlenlieferanten, so vor allem die Margaritifera vulgaris (M. oder Avicula fucata Fig. 3), die ein ähnliches Verbreitungsgebiet wie die vorige hat, im Persischen Golf und Roten Meer sowie in den Küstengewässern des Indischen Ozeans, im Malaiischen Archipel, an der Küste von Australien und Neuguinea vorkommt. Diese Muschel, welche kleiner als die vorige ist und selten mehr als 20 *cm* im Durchmesser mißt, liefert nebst jener die meisten Perlen. Man unterscheidet ferner eine M. maxima von der Nord- und Westküste Australiens und von verschiedenen Inseln des Malaiischen Archipels, eine M. carcharium ebenfalls von der australischen Küste, eine M. radiata von Westindien und den atlantischen Küsten des tropischen Amerika, eine M. mortensi von der japanischen Küste und noch andere weniger in Betracht kommende Arten, die hier nicht alle genannt werden können. Eingehendere Angaben darüber finden sich in dem schönen Perlenbuch von *Kunz* und *Stevenson*, dem die hier gegebenen entnommen sind.

Von anderen perlenerzeugenden Muscheln seien einige erwähnt, womit jedoch nicht gesagt sein soll, daß diese Eigenschaft anderen hier nicht besonders angeführten fehlte; im Gegenteil ist das Vorkommen von Perlen noch bei manchen anderen Weichtieren als ziemlich sicher

anzunehmen. Daß man beim Austernessen Perlen, zuweilen sogar recht wertvolle finden kann, ist eine bekannte Tatsache; sie werden sowohl von der europäischen Ostrea edulis, wie von der amerikanischen O. virginiana hervorgebracht. Außerdem werden Perlen, wenn auch kaum solche von besonderem Glanz und Wert, gefunden in der Scheibenmuschel (Placuna placenta), Zwiebelmuschel (Anomia cepa und A. ephippium), in verschiedenen Arten von Klapp- und Kammuscheln (Spondylus und Pecten), in der Venusmuschel und Schlammuschel (Venus, Cytherea und Lutraria), in der eßbaren (Mytilus edulis) und anderen Miesmuscheln, in der Sammetmuschel (Pectunculus), in Modiola- und Arcamuscheln (Modiola und Arca Noae) sowie in manchen anderen. Bekannt sind die großen, weißen, wie aus Alabaster bestehenden, sehr harten Perlen von Tridacna, jenen zu ganz bedeutendem Umfang heranwachsenden Riesenmuscheln, deren innerer opaken Schalenschicht die Perlen in ihrem Aussehen völlig gleichen. Ähnlich verhalten sich die Perlen der nahestehenden ebenfalls recht großen Pferdefuß- oder Hufmuschel (Hippopus). Bekannt und recht verbreitet sind ferner die Perlen der Steckmuschel (Pinna nobilis und anderer Pinna-Arten), kleine runde oder birnförmige Perlen von rötlicher oder dunklerer Färbung, die schon im Altertum bekannt waren und trotz ihres geringen Wertes in den Handel gebracht wurden.

Die Perlen aller dieser zahlreichen Meeresmuscheln (mit Ausnahme der vorhergenannten marinen Perlmuscheln) werden in Wert und Schönheit bei weitem übertroffen von denjenigen einiger Süßwassermuscheln, von denen die „Perlmuschel“ des süßen Wassers (Margaritana margaritifera, Fig. 4) schon altberühmt war und in den europäischen Gewässern gehegt wurde. Dies geschah seit Jahrhunderten bei uns in Deutschland, wie überhaupt in den europäischen Kulturländern; so wurden ihre Perlen schon im Mittelalter und früher in England, Frankreich, wie bei uns und in den skandinavischen Ländern, sowie in Sibirien hoch geschätzt. Die Flußperlmuschel kommt hier überall in den für sie geeigneten Wasserläufen vor. In Deutschland ist es besonders Bayern, wo die Margaritana in einer Reihe von Bezirken Niederbayerns, in der Oberpfalz sowie in der Umgebung von Regensburg und in Oberfranken nicht nur gefunden, sondern seit Jahrhunderten sorgsam gepflegt und verwertet wurde. *Th. v. Hessling,* der in München wirkte, gibt in seinem inhaltsreichen Buch über die Perlmuscheln ein anschauliches Bild von der historischen Entwicklung der in Bayern bestehenden Perlenregale. Weniger ausgedehnte, aber wie in Bayern gut bewirtschaftete Perlengewässer befanden sich in Sachsen, und zwar besonders im Gebiet der Elster. In anderen deutschen Ländern, wo die Perlmuschel, wie z. B. im Rheinland, in Baden und Hessen, gelegentlich vorkommt, scheint man sich mit ihrer Zucht wenig abgegeben zu haben. Dagegen gab es in Österreich eine Perlenfischerei im Gebiete der Moldau.

Verwandte der europäischen Flußperlmuschel, d. h. andere Najaden oder Unioniden spielen als Süßwasserperlmuscheln in Asien und Amerika

eine Rolle, wo sie in ähnlicher Weise gepflegt und ausgebeutet werden; so sind in der Mongolei die Arten Unio dahuricus, M. mongolicus und complanatus bekannt, aus Japan Anodonta japonica und Cristaria spatiosa, aus China besonders Dipsas plicatus, welche ziemlich große Flußperlmuschel dort zur Erzeugung der auf künstlichem Wege hervorgerufenen Perlen oder mit Perlmuttersubstanz überzogenen Gegenstände

Fig. 4.

n *Margaritana margaritifera*, der Flußperlmuschel, $\frac{4}{5}$ der natürlichen Größe.

(Fig. 8, *A—C*) benützt wird. Unter den zahlreichen Najaden Nordamerikas gelten etwa 25 als Perlen produzierende, außerdem werden ihre zum Teil recht starken Schalen bei der Fabrikation von Schmuckgegenständen und Knöpfen verwertet. Als die bekanntesten zählen *Kunz* und *Stevenson* mit ihren wissenschaftlichen und Vulgärnamen folgende auf: Quadrula ebena (the „niggerhead"), Qu. undulata und Qu. plicata („three-ridges"), Qu. wardi („maple-leaf"), Pleurobema aesopus („bull-head"), Tritigonia

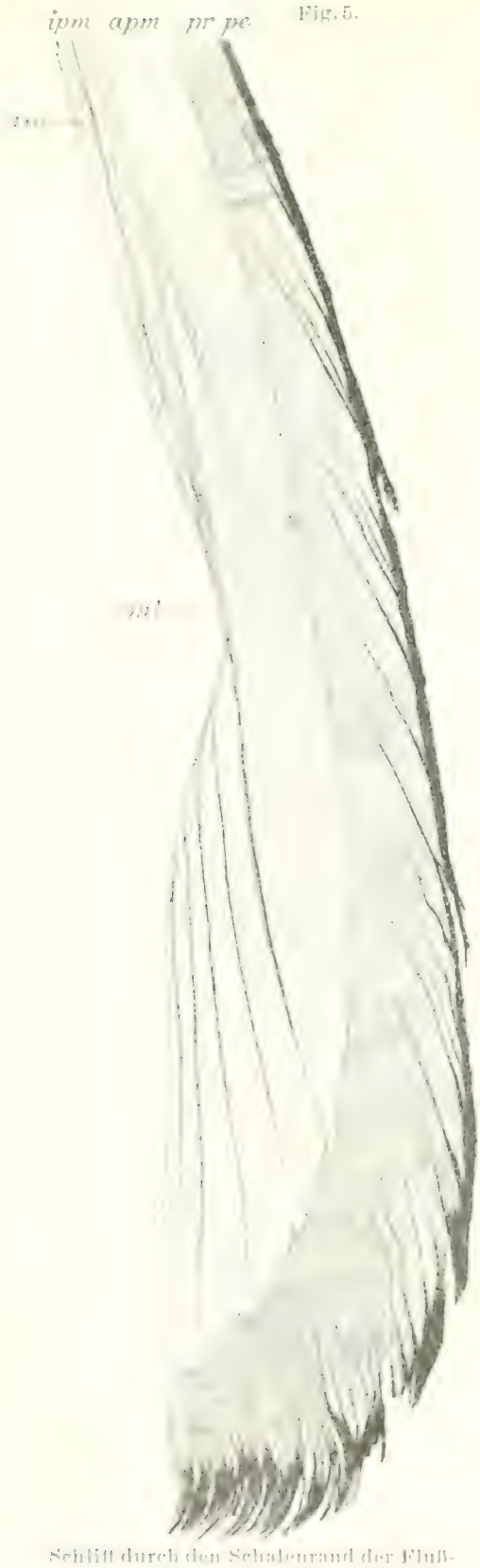
verrucosa („buckhorn"), Plagiola securis („butterfly"), Lampsilis alatus („pancake"), Symphynota complanata („hackle-back") u. a.

Obwohl die Muscheln (Zweischaler, Bivalven, Acephalen, Lamellibranchiaten) es vor allen Dingen sind, welche Perlen liefern, kommen solche doch auch von den Schnecken (Gastropoden, Bauchfüßern, Cephalophoren) her. Von ihnen dürfte der bekannteste Perlenlieferant der große, dickschalige Strombus gigas, die sogenannte Riesenflügelschnecke Westindiens, sein: sie bringt große kugelförmige oder ovale, rosafarbige Perlen hervor, die in ihrer zarten Tönung der inneren Schalenfärbung ungefähr entsprechen. Perlen werden ferner von Murex-, Trochus-, Turbo-Arten, von Fissurella und Patella, wie gewiß noch von manchen anderen Schnecken erzeugt: bekannt ist dies besonders von Haliotis, dem Seeohr, mit seiner in den Regenbogenfarben schillernden Perlmutterschicht. Auch von den schalentragenden Tintenfischen, nämlich von Nautilus pompilius, können Perlen hervorgebracht werden.

3. Die Struktur der Muschelschale.

Die Schalenstruktur ist für die Beurteilung der Perlen und ihr Zustandekommen sehr wesentlich. Die Schale der Weichtiere setzt sich aus mehreren Schichten zusammen und besteht bei den Muscheln regelmäßig aus deren drei, wenn nicht etwa die äußere durch Abreiben, Korrosion u. dgl. nachträglich verloren geht. Bei jungen Muscheln oder Schnecken wird zunächst am Rücken ein sehr dünnes, aus organischer Substanz bestehendes (cuticulares) Häutchen abgeschieden. Eine solche organische, verhältnismäßig nicht sehr dicke Haut bildet dementsprechend die äußere Schalenschicht, das sogenannte Periostracum (Fig. 5 u. 7). Unter ihr wird (ebenfalls vom Mantelepithel) die umfangreichere Prismenschicht abgesondert, welche aus kohlensaurem Kalk besteht und ihren Namen von den Prismen hat, die sie in senkrechter Stellung zur Oberfläche zusammensetzen (Fig. 5, *pr*). Darunter liegt die Perlmutterschicht, welche zur Oberfläche parallel gerichtete Lagen erkennen läßt (Fig. 5, *apm, ipm*), ebenfalls aus kohlensaurem Kalk besteht und vom Mantel abgeschieden wird. Ihre Struktur ist in verschiedenen Regionen der Schale ziemlich different; auch sondert sie sich, abgesehen von der parallelen Schichtung, in mehrere Lagen, zumal eine äußere und innere Perlmutterschicht (Fig. 5).

Die Perlmutterschicht zeigt an ihrer Oberfläche bei manchen Muscheln und Schnecken einen prachtvollen Glanz und zuweilen ein wundervolles Farbenspiel, wie wir dies besonders bei den Perlmuscheln, bei Haliotis und anderen bewundern. Die hierbei in Betracht kommenden Farben werden im allgemeinen weniger durch Pigmente als durch die Schalenstruktur selbst hervorgerufen, und zwar dürfte es sich hauptsächlich um Interferenzerscheinungen des Lichtes, Farbwirkung dünner Plättchen oder auch um Gitterbeugung handeln. Wie erwähnt, zeigt die Perlmutterschicht auf Querschliffen eine parallele Streifung, deren Linien gelegentlich aussetzen, um dann von neuem zu beginnen. Sie besteht somit aus feinsten durchscheinenden Lagen oder Blättern, die sich aber nicht über den ganzen Bereich der Schale er-



Schliff durch den Schalenrand der Flußperlmuschel; *pe* Periostracum, *pr* Prismenschicht, *apm* und *ipm* äußere und innere Perlmutterschicht, *ipe* innere Periostracumlamelle, *ml* Mantellinie. nach *A. Rabbel*.

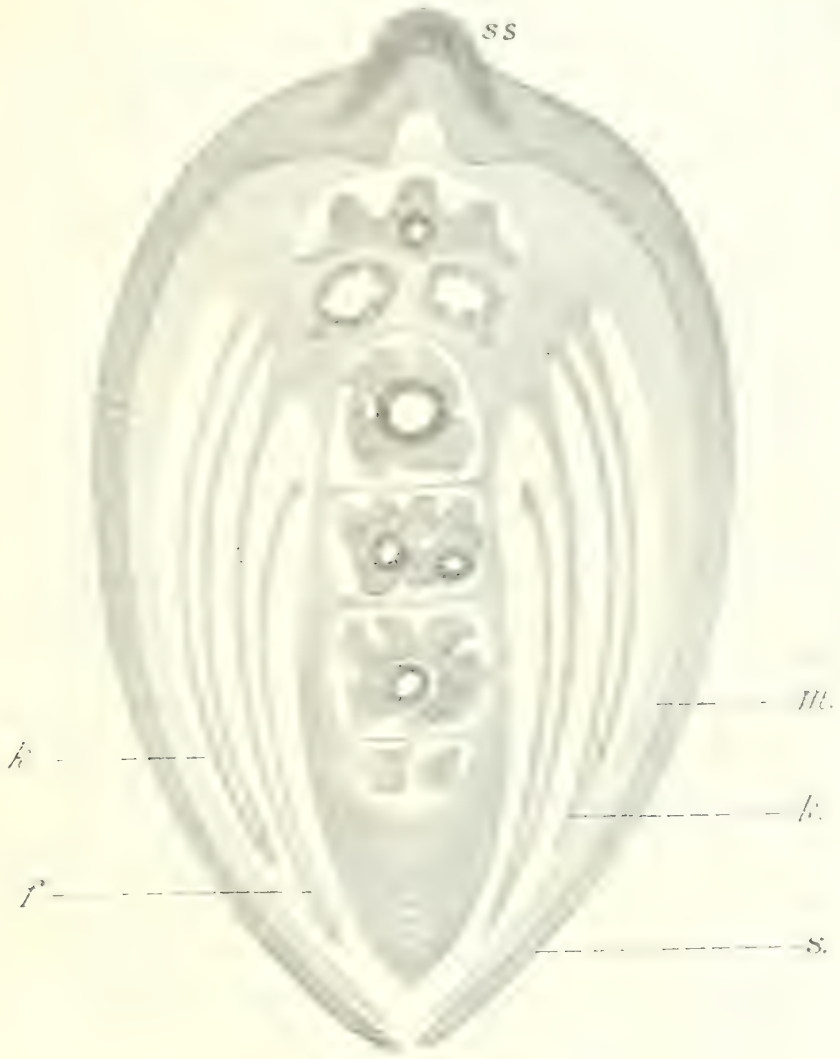
strecken, sondern gegeneinander bzw. gegen die Prismen- und Periostracumschichten unregelmäßige Abgrenzungen zeigen. Allenthalben finden sich also in der Schale Grenzlinien dieser Schichten gegeneinander. Dieser unregelmäßigen Struktur entsprechend, werden die von außen eindringenden Lichtstrahlen ganz verschieden reflektiert: ein Teil der Strahlen wird von den oberen, ein anderer von etwas tiefer liegenden, wieder ein anderer von noch weiter nach unten gelegenen Schichten zurückgeworfen. Diese verschiedenen Anteile des reflektierten Lichtes interferieren miteinander, wodurch die eigenartigen, wechselnden Farbentöne und der Glanz der Perlmutter zustande kommt. Es kann aber noch ein anderes Moment hinzutreten, worauf mich Herr Kollege *Richarz* freundlicher Weise aufmerksam machte und was er noch weiter verfolgen zu lassen gedenkt. Durch kleinste Unregelmäßigkeiten der Oberfläche, gruben- und rinnenförmige Vertiefungen sowie höcker- und leistenförmige, ebenso unbedeutende, nur mit stark bewaffnetem Auge wahrnehmbare Erhebungen, die zum Teil durch den lamellösen Bau mit hervorgerufen werden, erhält die Oberfläche eine gitterähnliche Struktur und die dadurch bedingte verschiedenartige Reflektion der Lichtstrahlen ruft das Auftreten von Beugungsfarben hervor. Die Beteiligung auch dieser Erscheinung beim Irisieren der Perlmutter ergibt sich aus der Tatsache, daß mit geeigneten Substanzen (Wachsgemischen oder schwarzem Lack nach dem Versuch von *Brewster*) von der Perlmutteroberfläche genommene Abdrücke ebenfalls schwaches Irisieren zeigen.[1]) Ganz ähnliche Farbentöne und

[1]) Eingehend behandelt werden die betreffenden Farbwirkungen an anderen (vergleichsweise aber auch den hier interessierenden) tierischen Objekten durch *Biedermann* in seiner Abhandlung über die Schillerfarben der Insekten und Vögel, auf dessen Untersuchungen über die Schalenstruktur ebenfalls zu verweisen ist.

den Glanz der Oberfläche findet man infolge ihrer der Hauptsache nach entsprechenden Struktur bei den Perlen, die überhaupt mit der Perlmutterschicht in engem Zusammenhang stehen, daher auch der Name.

Die Aufeinanderfolge und Stärke der einzelnen Schalenschichten ist eine wechselnde und indem sich Periostracumlagen zwischen die übrigen Schichten hineinschieben (Fig. 5), kommt eine gewisse Unregelmäßigkeit in

Fig. 6.



Querschnitt durch eine Süßwassermuschel (Unionide) in etwas schematischer Darstellung; *f* Fuß, *k* Kiemen, *m* Mantel, *s* Schale, *ss* Schalenschloß (Ligament), darunter Herz mit Vorhöfen, vom Darm durchbohrt, darunter die Querschnitte der Nierenschläuche, darunter der Fuß *(f)* mit Darmquerschnitten, die von der Mitteldarmdrüse (Leber) umlagert sind.

Fig. 7.

Teil des Mantels einer Süßwassermuschel mit der darüberliegenden Schale im Durchschnitt; *aep* äußeres, *iep* inneres Mantelepithel, *bg* Bindegewebe, *f* Falten des Mantelrandes, *pe* Periostracum, *pr* Prismen-, *pm* Perlmutterschicht, *sp* Schalenmantelspalt.

der Schalenstruktur zustande. Außerdem kann sich zwischen die äußere und innere Perlmutterschicht noch eine prismatisch und parallelstreifig strukturierte Schicht, die sogenannte durchsichtige oder helle, auch als Hypostracum bezeichnete Schicht (*Tullberg, Ehrenbaum, Biedermann, Villepoix, Thiele, Rubbel* [1]) einschieben, welche sozusagen als 4. Schalenschicht auch noch an anderen

[1]) Die Literatur über die Muschelschalen und ihre Entstehung findet man in den Arbeiten von *Rubbel* (1911) und *Rassbach* (1912) angegeben.

Partien der inneren Schalenteile, besonders an den Ansatzstellen der Schließmuskel angetroffen wird und insofern bei der Verbindung der Schließmuskel mit der Schale eine Rolle spielt. Wie erwähnt, werden die genannten Schalenschichten vom Mantelepithel abgeschieden. Der Mantel selbst ist eine vom Rücken des Tieres ausgehende Falte (Fig. 6), welche den Körper innerhalb der Schale umgibt und die Form der letzteren wiederholt. Mit seiner nach außen gerichteten Fläche liegt der Mantel der Innenfläche der Schale ziemlich dicht an; die innere begrenzt die Mantel- oder Atemhöhle, worin die blattförmigen Kiemen der Muschel liegen (Fig. 6). In der Hauptsache besteht der Mantel aus einer äußeren und inneren Epithelschicht und zwischen beiden gelagertem mehr oder weniger umfangreichem Bindegewebe (Fig. 7). Die Zellen der äußeren Epithellage sind es, welche die Absonderung der Schalenschichten zu besorgen haben und sie kommen auch für die Perlenbildung in Betracht, wie man weiter unten sehen wird.

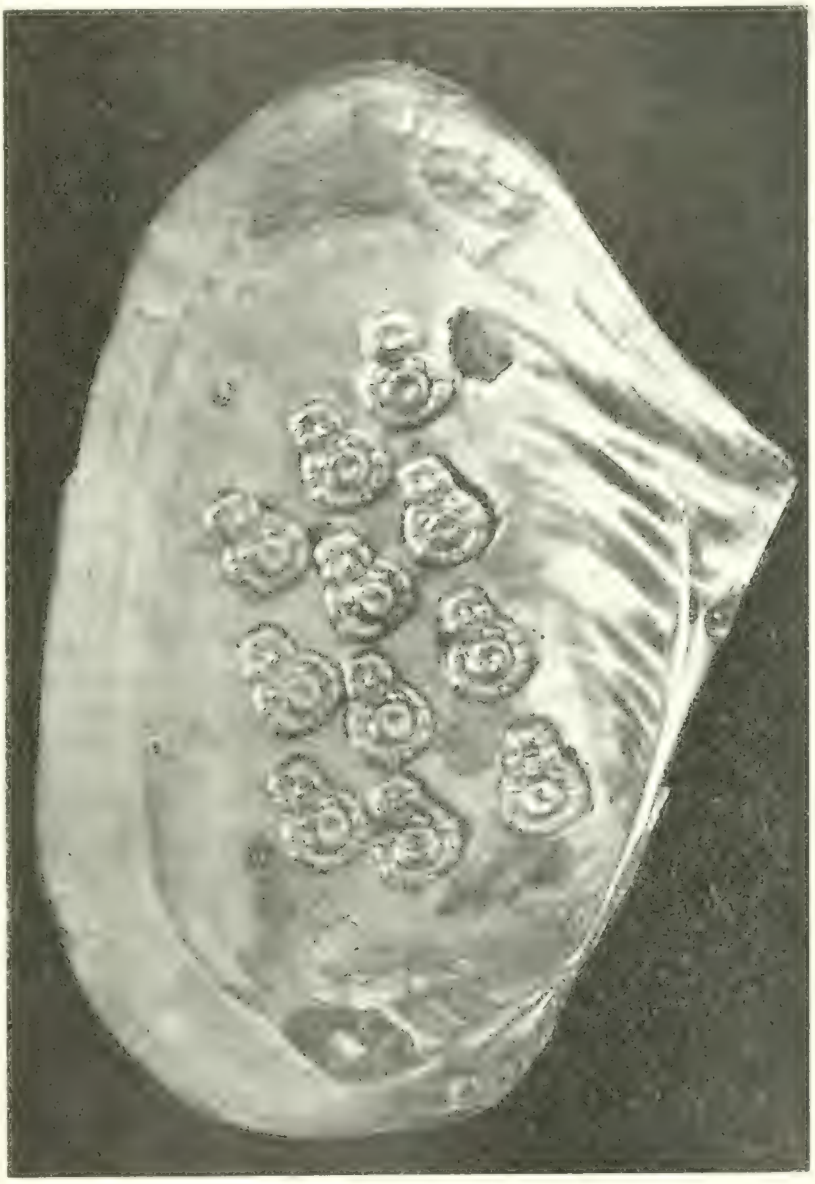
4. Die Ursachen der Perlenbildung.

Insofern die Perlen die Struktur der Schale wiederholen, perlenartige Auswüchse an der inneren Schalenfläche sehr häufig sind und dann nur als Umgestaltung einer geringen Schalenpartie erscheinen, erkannte man die Perlen schon bald als mit den Schalen identische Bildungen. „Perlen sind die in Kugelgestalt umgewandelten Schalen und teilen mit ihnen alle histologischen, physikalischen und chemischen Eigenschaften", so beginnt schon *Hessling* (1859) in seinem vorerwähnten Buch den Abschnitt über die Perlen. Zwar trennt er unmittelbar darauf diese letzteren scharf von „den verschiedenartigen Excrescenzen der inneren Schalenfläche" und definiert sie als „freie, im Tier vorkommende, aus den Schalenstoffen bestehende Konkretionen". Diese Definition trifft gewiß das richtige und doch ist eine scharfe Unterscheidung insofern schwer durchzuführen, als ursprünglich frei im Gewebe des Tieres liegende Perlen später mit der Schale verschmelzen können; auch kann die Verbindung jener Erhebung der inneren Schalenfläche mit dem Auswuchs unter Umständen eine recht schwache sein, so daß sich der gestielte Schalenauswuchs kaum von einer freien Perle unterscheidet. Immerhin hat man auch dann noch von einer „Schalenperle" zu sprechen und freie (also echte) Perlen werden wohl nur selten auf diese Weise zustande kommen, da nicht recht einzusehen ist, wie sie auch bei schwacher Verbindung mit der Schale zur Ablösung von dieser gelangen sollen.

Nennt man diese Gebilde Perlen, wie es oft geschieht, aber besser zu vermeiden wäre, so sind sie sicher zum Teil, wie sich auf experimentellem Wege zeigen läßt bzw. durch häufige Übung erwiesen wurde, auf Verletzungen der Schale zurückzuführen. Solche können z. B. auf natürlichem Wege durch bohrende Tiere hervorgerufen werden. Bei der Ausbesserung der verletzten Stellen durch das Mantelepithel kommt es dann nicht selten zu unregelmäßigen Bildungen, indem aus irgend einem Grund nach einer

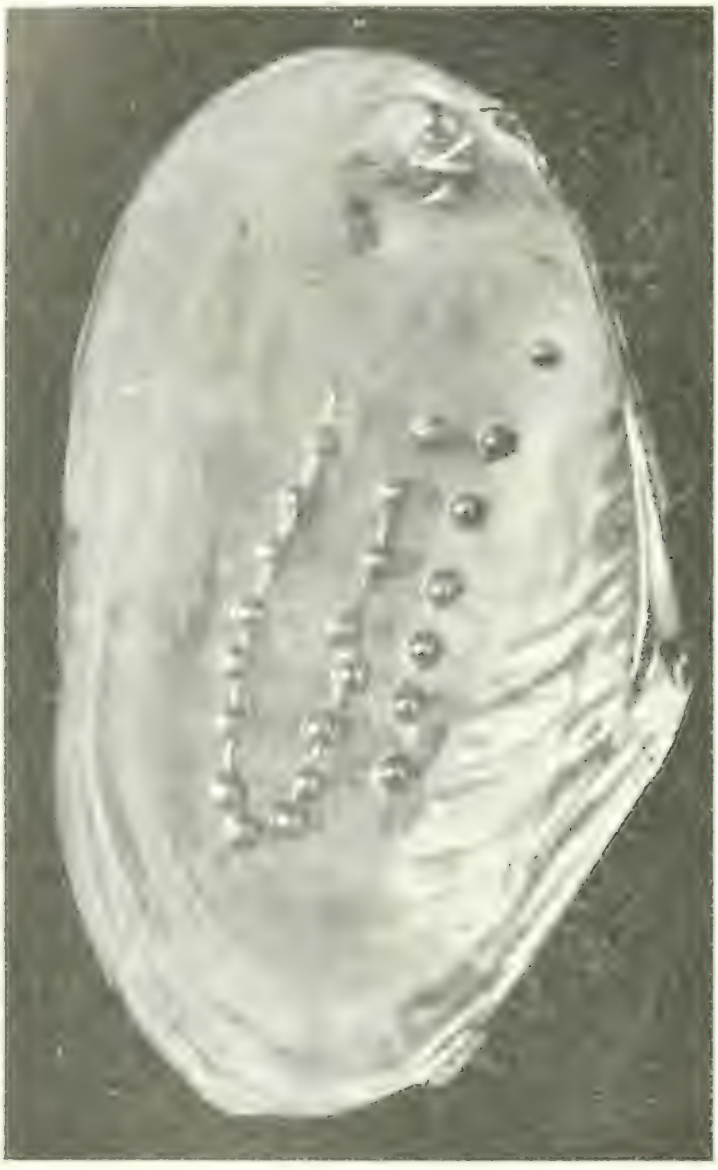
bestimmten Richtung verstärkte Abscheidung von Schalensubstanz eintritt und dadurch jene perlenartigen Bildungen zustande kommen. *Linnés* oft erwähntes und so lange geheim gehaltenes Verfahren, Perlen zu erzeugen, beruhte darauf, daß die Muschelschale von außen angebohrt und an einem feinen Silberdraht ein Kalkkügelchen ins Innere geschoben wurde. Um dieses sollte sich dann die Perle bilden. Dieses Verfahren beruht auf der Meinung, daß Perlen sich in der Umgebung von Fremdkörpern bilden, um diese gewissermaßen zu isolieren. Der letzteren Auffassung entsprechend, hat man Fremdkörper, welche zufällig zwischen Mantel und innere Schalenfläche gelangten, für die Perlenbildung verantwortlich gemacht, seien es solche mineralischer, pflanzlicher oder tierischer Herkunft. Daß derartige Dinge Perlen oder perlenartige Bildungen hervorrufen können, unterliegt keinem Zweifel, denn auch dies ist auf experimentellem Wege, d. h. ebenfalls durch industrielle Übung erwiesen, wie die bekannten Buddhabildchen und andere Gegenstände (Knöpfchen, kleine Perlenschnüre) Fig. 8, *A—C* zeigen, welche man zwischen Mantel und Schale der vorsichtig geöffneten Muscheln brachte, um diese dann wieder an ihren früheren Wohnort zu versetzen und monatelang dort zu belassen, bis man sie schließlich nach längerer Zeit wieder herausnahm und die betreffenden Gegenstände mit Perlmuttersubstanz überzogen fand. Dieses Verfahren wird seit Jahrhunderten in größerem Maßstab in China geübt und die im Handel befindlichen oder in Sammlungen häufig anzutreffenden Buddhabildchen er-

Fig. 8 *A*.



A Schale einer chinesischen Süßwassermuschel *(Dipsas plicatus)* mit Buddhabildchen.

läutern es in vorzüglicher Weise (Fig. 8 *A*). In neuerer Zeit hat man die Perlenproduktion nach diesen, nur anscheinend recht vervollkommneten Verfahren in Japan in rationeller Weise wieder aufgenommen, worauf noch zurückzukommen sein wird (vgl. S. 157). Wie man in den Zeitungen liest, soll übrigens in Japan eine Methode, Perlen in den Muscheln hervorzurufen, aufgefunden worden sein, die ähnliches weitgehendes Interesse wie *Linnés* Entdeckung hervorrief, aber wie diese geheim gehalten wurde. Der wegen seiner Entdeckung sehr gerühmte Erfinder namens *Nishikawa* scheint die Angelegenheit begreiflicherweise sehr geheimnisvoll behandelt und ähnlich wie *Linné* mit hohen Kreisen in Verbindung gestanden zu haben; jedenfalls wird neuerdings berichtet, daß nach seinem Tode von ihm behandelte Perlmuscheln in Gegenwart des Mikado feierlichst eröffnet und ihnen wertvolle Perlen entnommen worden seien. Ob diese Berichte den Tatsachen entsprechen, ob es sich wirklich um eine erfolgreiche Methode handelt und welcher Art diese ist, entzieht sich unserer Kenntnis (vgl. S. 157).

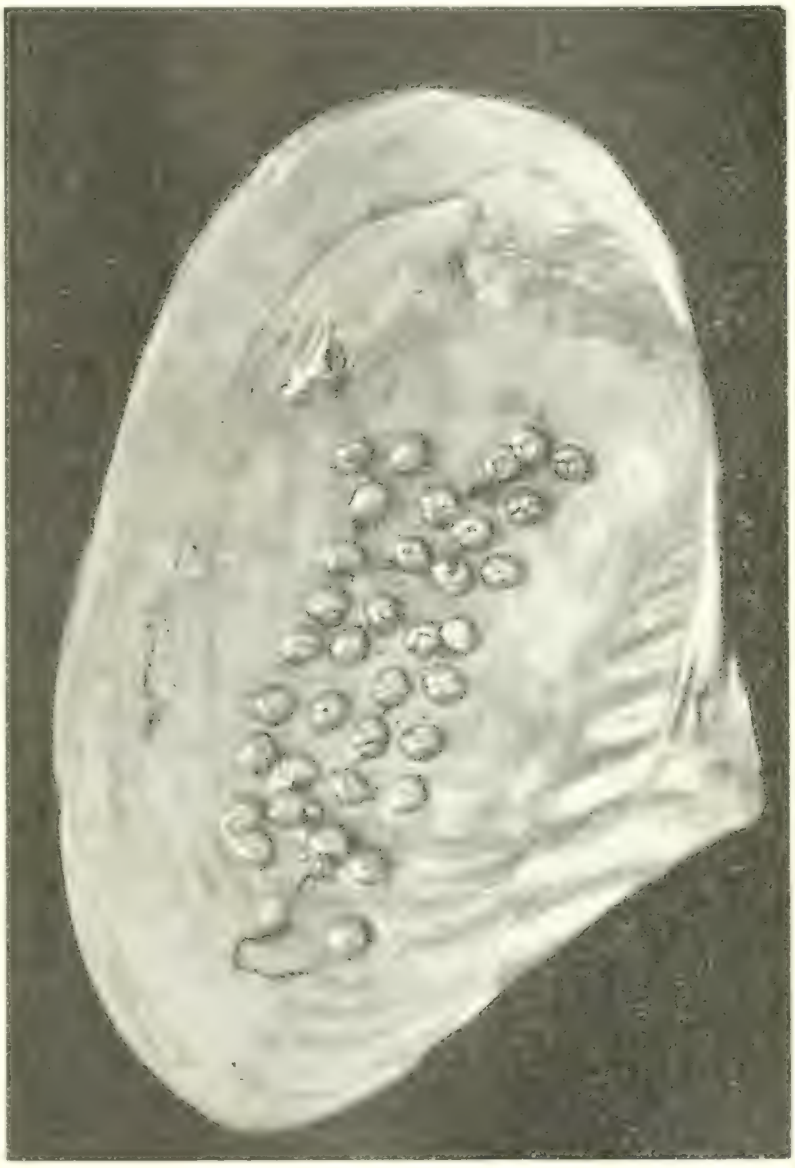


B Schale einer chinesischen Süßwassermuschel mit Perlen, nur $\frac{1}{3}$ der natürlichen Größe.

Schon vor langer Zeit, nämlich bereits 1852 durch *de Filippi*, war behauptet worden, daß die Ursache zur Perlenbildung durch Parasiten gegeben würde, und zwar sollten es die geschwänzten Larven (Cercarien) von Saugwürmern sein, welche in die Muscheln gelangten, dort die Perlenbildung veranlaßten und auch als Reste in den Perlen nachzuweisen wären. *Kelaart* vermutete, daß neben anderen Ursachen Nematoden die Veranlassung zur Entstehung von Perlen sein könnten (1858). *Küchenmeister* (1856) machte andere Parasiten, nämlich die Larven der in den Muscheln vorkommenden Wassermilben für die Perlenbildung verantwortlich. Es erhoben sich Stimmen für und gegen die Parasitentheorie. *Möbius*, der die

Perlenfrage recht genau studierte, sprach sich dafür aus, während ein anderer vorzüglicher Kenner, *Hessling*, dagegen war, indem er die Perlenbildung in der oben besprochenen Weise auf von außen in die Muschel hineingekommene Fremdkörper, aber allerdings auch noch auf eine andere Ursache zurückführte, welche hier besonders interessiert und auf die deshalb noch einzugehen sein wird. Zunächst muß aber betont werden, daß die Parasitenlehre in neuerer Zeit durch die von verschiedenen Forschern (*R. Dubois*, *H. L. Jameson*, *Herdman* und *Hornell*, *Seurat*) an marinen Muscheln ausgeführten Untersuchungen eine Bestätigung fand, indem die Larven von Saug- und Bandwürmern (Trematoden und Cestoden) als die Ursache der Perlenbildung erkannt wurden. Gewiß hätte man nach diesen Feststellungen das gleiche auch für die Süßwassermuscheln erwarten sollen, doch stellte sich durch die vor kurzem im Marburger Zoologischen Institut von *A. Rubbel* und in München von *W. Hein* an Margaritana unternommenen Untersuchungen heraus, daß bei ihr nicht Parasiten, sondern vielmehr von der Muschel selbst produzierte eigentümliche Körnchen, die im Mantel auftreten, die Ursache der Perlenbildung sind.

Fig. 8 *C*.



C Schale einer chinesischen Süßwassermuschel mit zahlreichen Knöpfchen ($^1/_2$ der natürlichen Größe).

5. Entstehung der Perlen.

Flußperlmuscheln.

Anknüpfend an die zuletzt erwähnten Angaben sei wegen ihres verhältnismäßig einfachen Verlaufs und weil sie hier am Objekt

selbst verfolgt werden konnte, zunächst die Perlenbildung der Flußperlmuschel dargestellt. Für sie hatte, wie erwähnt, bereits *Hessling* eine zweite innere Ursache der Perlenbildung in kleinen Körnchen gefunden, welche zur Bildung der Schale in Beziehung stehen und in ihrer chemischen Beschaffenheit mit den die Schale bildenden Substanzen übereinstimmen dürften. Diese im Bindegewebe und Mantelepithel auftretenden Körnchen wurden nicht nur von *Rubbel* und *Hein* aufgefunden, sondern ebenfalls sowohl zur Schalenabscheidung, wie zur Perlenbildung in engste Beziehung gebracht, wobei freilich hinzugefügt werden muß, daß ihre Natur und Herkunft zunächst noch dunkel blieb. Für gewöhnlich dürften diese gelb bis gelbbraun gefärbten Körnchen an das Mantelepithel (Fig. 9) und von diesem zur Bildung der Conchyolinlamellen nach außen abgegeben werden, jedoch bleiben einzelne Körnchen von recht verschiedenem Umfang im Epithel bzw. Bindegewebe des Mantels liegen und werden in Verbindung mit dem Mantelepithel von einer einschichtigen Zellenlage umgeben (Fig. 9 und 10). Es beginnt schon bald die Abscheidung von Kalksubstanz um das gelbe Körnchen, und zwar gewöhnlich in Form paralleler (konzentrischer) Schichten von Perlmuttersubstanz, wodurch ersteres zum Perlenkern geworden ist (Fig. 10). Die Perlenbildung ist also eingeleitet und mit ihrem Fortschreiten, d. h. mit der Ablagerung neuer Schichten vergrößert sich das, die junge Perle umgebende Epithelsäckchen, welches nunmehr als „Perlsack" unter das Mantelepithel verlagert wird (Fig. 11 und 12). Zunächst bewahrt das Epithelbläschen die Verbindung mit seinem Mutterboden, dem Mantelepithel (Fig. 11 und 12), doch wird diese später unterbrochen und der Perlsack liegt dann frei im Mantelbindegewebe, von diesem allseitig umgeben (Fig. 13). Letzteres Verhalten gab zu der Annahme Veranlassung, daß das Perlsackepithel vom Bindegewebe herrühren möchte (*W. Hein*). Dagegen spricht jedoch die vorstehend geschilderte Ableitung des Perlsacks und die Fähigkeit seiner Epithelzellen, ganz wie das Mantelepithel alle Schalenschichten abscheiden zu können, denn außer der schon erwähnten Perlmutterschicht bringt das Perlsackepithel auch Lagen der Prismen- und Periostracumschicht zur Absonderung. In welchem Umfang dies geschieht, wie die Schichten verteilt sind und gegeneinander überwiegen, danach richtet sich die Art der Ausbildung, welche die Perle erhält und zuletzt ihr Glanz und ihre Schönheit.

Fig. 9.

Körnchen der gelben Schalensubstanz (*gs*) im Bindegewebe und Mantelepithel der Flußperlmuschel. *aep* äußeres Epithel des Mantels (nach *A. Rubbel*).

Marine Perlmuscheln.

Parasitentheorie. Die letzteren Vorgänge sind ungefähr dieselben bei der Perlenbildung der Meeresmuscheln, nur der Beginn

des Prozesses wäre ein anderer, insofern eingewanderte Parasiten die Veranlassung zur Perlbildung geben sollen, wie schon vorher erwähnt wurde. Die dabei in Frage kommenden Parasiten sind verschiedener Art, und zwar handelt es sich teils um Distomeen, also Angehörige der Trematoden (Saugwürmer), teils um Larven von Cestoden (Bandwürmer). Die ersteren sind besonders eingehend untersucht worden, weil ein recht geeignetes und verhältnismäßig leicht zu beschaffendes Objekt, nämlich die eßbare Miesmuschel (Mytilus edulis) dafür zur Verfügung stand. In ihr fand *R. Dubois* (1901) ein etwa 4 bis 6 *mm* langes Distomum, welches sich innerhalb des Muschelkörpers einkapselt, indem sich eine aus kleinen Körnchen kohlensauren Kalks bestehende Hülle um den Wurmkörper bildet (Fig. 16), die anfangs ganz unscheinbar ist, später mit ihrem fortschreitenden Wachstum Perlenglanz erhält und durch Auflagerung neuer Schichten einer echten Perle immer ähnlicher wird. Diese birgt also jetzt den eingekapselten Wurm in sich und wenn er in ihr stirbt, wie es geschehen kann, dann ist „die von uns bewunderte Perle nichts anderes als der glänzende Sarkophag eines Wurmes“ *(Dubois)*. Es scheint, als ob sein Absterben besonders durch parasitische Protozoen (Sporozoen) veranlaßt würde und dann wäre also die Perlbildung durch den Parasiten des Parasiten veranlaßt,

Fig. 10.

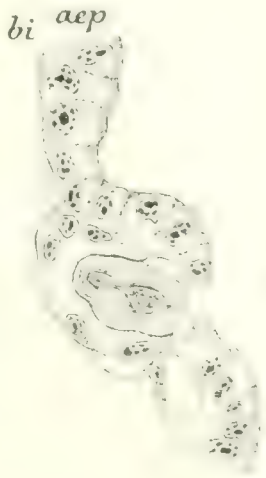


Fig. 11.

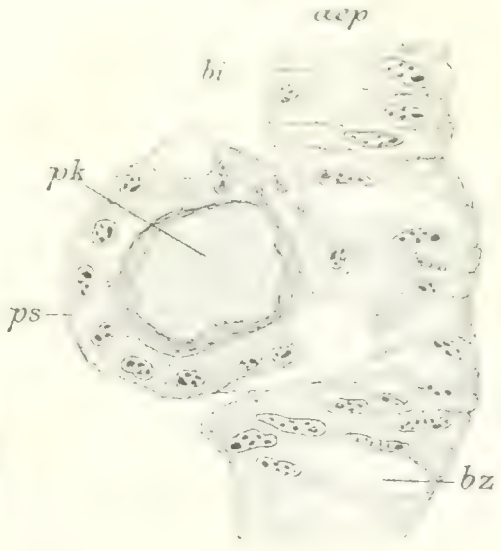
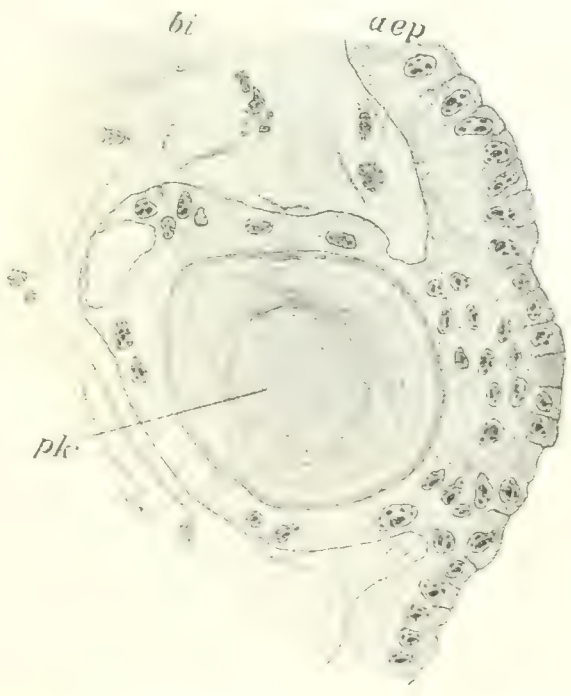


Fig. 12.

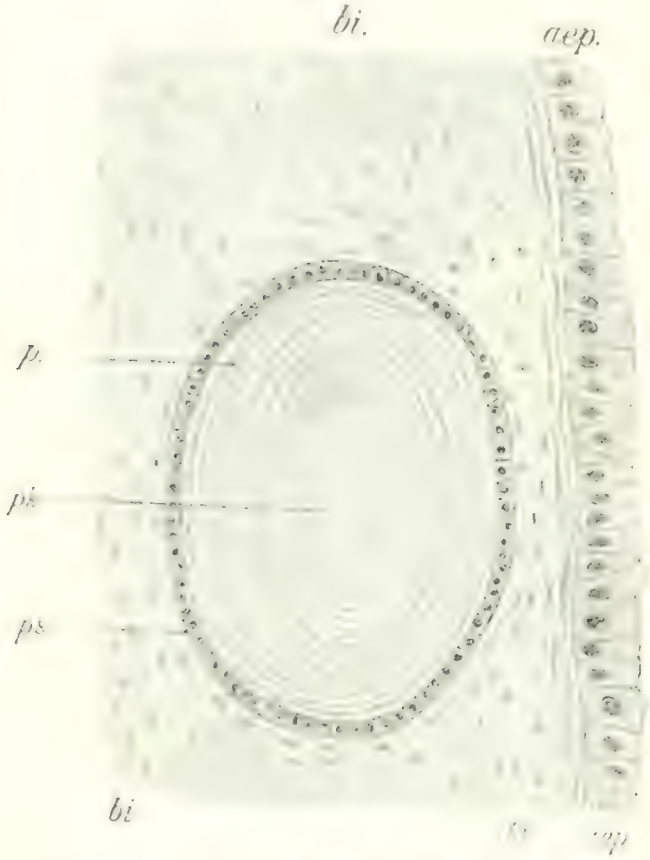


Verschiedene Stadien der Perlsack- und Perlenbildung von *Margaritana*. *aep* Außenepithel des Mantels, *bi* Bindegewebe, *bz* Schleimzelle im Epithel, *pe* Periostracumschicht, *p* kleine Perle neben einem großen Perlsack, *pk* Perlenkern, *ps* Perlsack. Vergrößerung 440mal (nach *A. Rubbel*).

wie *Dubois* sagt. Daß der Wurm zugrunde geht, ist allerdings nicht notwendig, vielmehr kann er bis zum nächsten Sommer lebend überdauern, worauf seine „Hülle", die „Perle", einer gallertigen Auflösung verfällt und der Parasit frei wird.

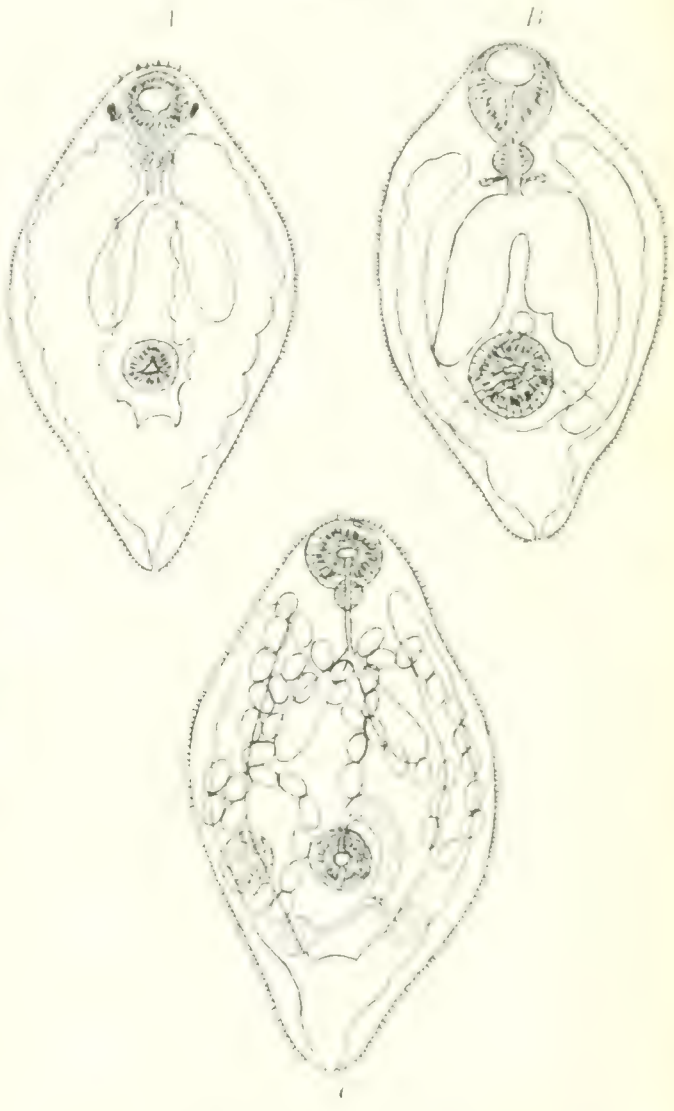
Wenn er nun auch für die Perlbildung nicht mehr in Betracht kommt, dürfte es doch von Interesse erscheinen, sein weiteres Schicksal kennen zu lernen. Dabei muß allerdings vorausgeschickt werden, daß nach

Fig. 13.



Perlsack *(ps)* mit in Bildung begriffener Perle *(p)* unter dem Außenepithel *(aep)* des Mantels in dessen Bindegewebe *(bi)*; im Zentrum der Perle der Perlenkern *(pk)*.

Fig. 14.



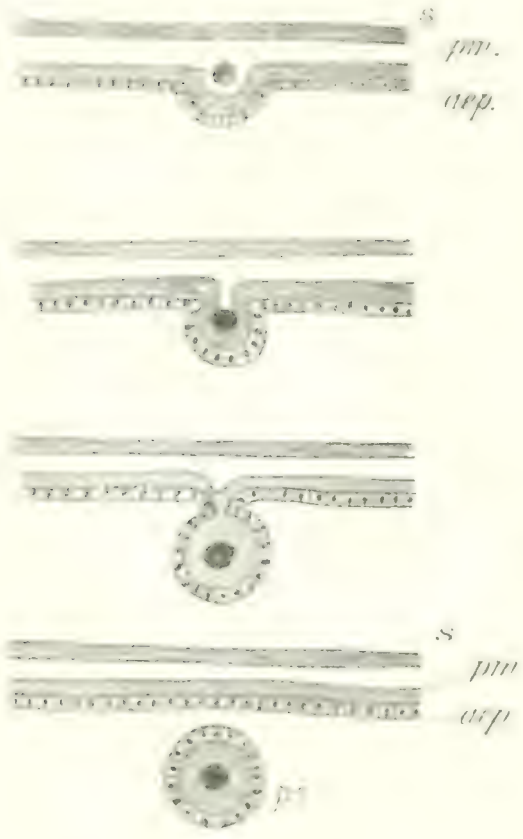
Leucithodendrium (Distomum) somateriae. *A* „Cercarie" aus der Sporocyste von Tapes, *B* aus dem Mantel von Mytilus, *C* aus dem Darm der Trauerente (nach *Jameson*).

den Beobachtungen von *Jameson* das im Mytilus schmarotzende Distomum vorher schon in einer anderen Muschel (Tapes oder Cardium) lebte. Es ist bekannt, daß die Saugwürmer ähnlich wie andere Parasiten einen sogenannten Wirtswechsel durchmachen, d. h. in bestimmten Entwicklungsstadien in ein anderes Wirtstier übergehen; außerdem besteht ihre Fortpflanzung in einem sehr komplizierten Generationswechsel. Nehmen wir an, das ausgebildete, geschlechtsreife Distomum lebte im Darmkanal eines Wirbeltieres, wie dies für gewöhnlich der Fall ist, so gelangen seine Eier mit dem Kot des Wirtstieres nach außen und wenn sie in eine Wasseransammlung geraten, so geht aus ihnen eine Flimmerlarve hervor.

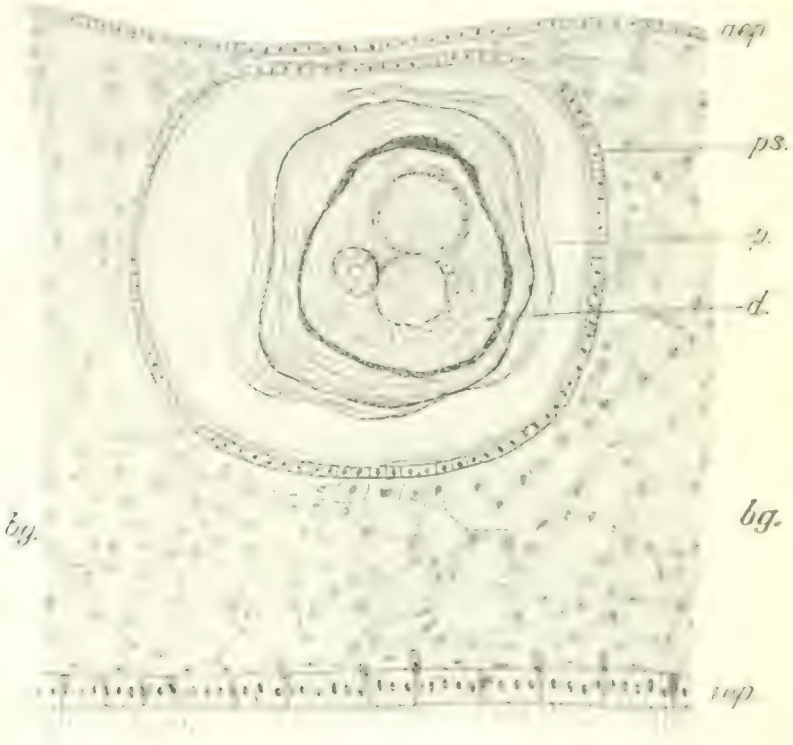
Diese sucht nach kurzer Zeit des freien Lebens als Wirtstier eine Schnecke oder Muschel (den 1. Zwischenwirt) auf, um sich in seinem Körper zu einem Keimschlauch, der Sporocyste, auszubilden. In dieser letzteren entsteht eine neue Generation von Keimschläuchen, welche zum Unterschiede von jenen mit Mund- und Darmkanal versehen sind und Redien genannt werden. Eine neue Generation, welche von diesen Keimschläuchen hervorgebracht wird, gleicht in der Organisation dem ausgebildeten Distomum, jedoch tragen diese als Cercarien bezeichneten Individuen einen Schwanzanhang, um sich im Freien aktiv bewegen zu können. Sie gelangen aus ihrem Muttertier, der Redie, in das Gewebe der Schnecke, welche der Redie und Sporocyste als Wirtstier diente und von hier aus nach außen, wo sie sich mit Hilfe ihres muskulösen Schwanzanhanges frei schwimmend herumbewegen. Doch dauert ihr freies Leben nicht lange, sondern auch sie suchen wieder ein Wirtstier auf, diesmal ein Gliedertier (Krebs, Insektenlarve oder dergleichen, den 2. Zwischenwirt), um sich in dessen Körper nach Abwerfen des überflüssigen Schwanzanhanges einzukapseln. Wenn der 2. Zwischenwirt von einem Wirbeltier (Fisch, Amphibium, Vogel), dem Endwirt, verschlagen wird, so erwacht das junge Distomum im Darmkanal zu neuem Leben und erlangt die Geschlechtsreife, womit der Entwicklungsgang geschlossen ist.

Der vorstehend gekennzeichnete Modus stellt einen typischen, freilich recht komplizierten Entwicklungsgang eines Distomums dar. Davon gibt es hinsichtlich der Aufeinanderfolge und Ausbildung der Generationen, des Wirtwechsels usw. recht verschiedene Modifikationen. Eine solche läge auch im Fall der Miesmuschel vor, soweit er sich mit Sicherheit übersehen läßt. Nach *Jamesons* Beobachtungen soll es die Sporocyste sein, welche im Mantel der genannten beiden Muscheln (Tapes und Cardium) lebt; die in ihr erzeugten Larven sind schwanzlos, entsprechen also dem Begriff der Cercarie nicht ganz (Fig. 14 *A*), wie es auch von anderen Distomeen bekannt ist. *Jameson* glaubte bei den von ihm angestellten Versuchen, diese „Cercarien" auf Mytilus übertragen zu können, wo sie sich, wenn auch nicht in sehr beträchtlichem Maße weiter entwickeln (Fig. 14 *B*). Man hat jetzt die jungen Distomeen (Leucithodendrium somateriae) vor sich, welche in der vorher besprochenen Weise die Perlen der Miesmuschel hervorrufen. Ob dies nun gerade auf die Weise geschieht, wie ein anderer Beobachter des Parasiten, *L. Boutan*, den Vorgang schildert, nämlich, daß die jungen Distomeen in den Spalt zwischen Mantel und Schale gelangen (Fig. 6 u. 7) und von hier das Einsenken in den Mantel erfolgt, dürfte einigermaßen fraglich erscheinen; es könnte auch durch den von innen her vordringenden Parasiten eine Verbindung mit dem Mantelepithel gewonnen und dieses zur Bildung des Perlsacks veranlaßt werden. Letzteren lernten wir bereits vorher von der Flußperlmuschel kennen (Fig. 10—13). Nach *Boutan* erfolgt seine Bildung bei der Miesmuschel durch Einsenken von der Manteloberfläche infolge der von dem hier liegenden Parasiten ausgeübten Reizwirkung. Wie die vier schematischen Bilder (Fig. 15 *A*—*D*) es erläutern,

schließt sich die Grube um den Parasiten und der dann fertige Perlsack löst sich in ähnlicher Weise vom Mantelepithel ab, wie es schon weiter oben für Margaritana dargestellt wurde (Fig. 10—13). Das Ergebnis ist also dasselbe, wenn auch der Ausgangspunkt in beiden Fällen ein recht verschiedener war. Nicht unerwähnt darf dabei bleiben, daß auch an die Entstehung des Perlsacks im Mantelinnern aus Bindegewebszellen oder aus Epithelzellen, die von der Oberfläche eingewandert gedacht wurde, wie dies von Margaritana ebenfalls angenommen wurde (S. 124).



Bildung des Perlsacks (*ps*) (in schematischer Darstellung) durch Einsenkung eines Fremdkörpers in eine Vertiefung des Mantelepithels (*aep*); *pm* Perlmutterschicht, *s* Schale (nach *Boutan*).



In Bildung begriffene Perle (*p*) mit eingeschlossenem Distomum und umgebenden Perlsack (*ps*), an welchem Conchyolinlamellen der Perlsubstanz anhaften, *d* das im Schnitt getroffene Distomum mit Pharynx- und Darmschenkeln, *bg* Bindegewebe, *aep*, *iep* Außen- und Innenepithel des Mantels (nach *Jameson*).

Das im Mantel der Miesmuschel von seiner Perlenhülle und dem Perlsack umgebene junge Distomum (Fig. 16) macht hier eine längere Ruheperiode durch; allerdings kommt es vor, daß es die Hüllen frühzeitig durchbricht und es mag sein, daß die Rückstände, falls sie nicht aufgelöst werden, ihrerseits zur Weiterführung der Perlenbildung Veranlassung geben können. Normalerweise verbleibt das junge Distomum in seiner Hülle, bis die Übertragung in den Endwirt und damit durch die Zerstörung der Perle seine Befreiung, sowie die Möglichkeit seiner Weiterentwicklung und Erlangung der Geschlechtsreife erfolgt. Dies soll nach der Annahme von *Jameson* im Darmkanal von Enten, besonders der Trauer- und Eiderenten (Oidemia und Somateria) geschehen, zu deren Nahrungsmitteln die Miesmuscheln gehören. Jedenfalls zeigt das in ihrem Darmkanal lebende Leu-

cithodendrium (Distomum) somateriae die größte Ähnlichkeit mit den jungen Distomeen der Miesmuschel, nur daß die Ausbildung, zumal diejenige des Geschlechtsapparates, weiter fortgeschritten ist (Fig. 14 *C*).

Um ein Bild von dem möglichen Entwicklungsgang der die Perlen hervorrufenden Parasiten zu geben, hielten wir uns an die bestimmt lautenden Angaben von *Jameson*, dürfen aber nicht verschweigen, daß sie bei einem guten Kenner dieser Verhältnisse *R. Dubois* (1909) auf entschiedenen Widerspruch stoßen. Er spricht sich dagegen aus, daß die jungen Distomeen der Miesmuschel aus anderen Muscheln (Tapes, Cardium) stammen, rechnet auch das Distomum von Mytilus zu einer anderen Art (Gymnophallus margaritarum). Auffallender Weise finden sich davon in der Miesmuschel recht verschiedene Entwicklungszustände. Wie es sich damit verhält und wie sie aufeinander zu beziehen sind oder ob dies überhaupt der Fall ist, müssen weitere Untersuchungen lehren. Desgleichen, welches der Endwirt der perlenerzeugenden Distomeen ist, denn *Dubois* findet keinen rechten Anhalt dafür, daß die Distomeen von Mytilus in die obgenannten Schwimmvögel übertragen und in ihnen geschlechtsreif werden, wenigstens haben die von ihm wie von *Jameson* angestellten Fütterungsversuche zu einem wirklichen Ergebnis nicht geführt. Auch die Untersuchungen an Fischen, in deren Darm man die geschlechtsreifen Distomeen zu finden erwarten durfte, führten zu keinem befriedigenden Resultat.

Fig. 17.

A Freischwimmende, *B* und *C* Tetrarhynchuslarven aus der Perlmuschel. *D* älteres Stadium (nach *Herdman* und *Hornell*).

Wie erwähnt sind es außer Saugwürmern auch Bandwurmlarven, welche die Perlenbildung hervorrufen können, und zwar ist dies insofern von besonderem Interesse, als es sich dabei um die Perlen einer der

eigentlichen echten Perlmuscheln, Margaritifera vulgaris, handelt. In ihrem Körper, und zwar in den verschiedenen Organen (Leber, Kiemen, Mantel usw.) finden sich zahlreiche Cestodenlarven, kleine rundliche Gebilde mit einer Einstülpung am einen Pol, in der sich eine konische Papille erhebt (Fig. 17 *B* und *C*). Diese von *Herdman* und *Hornell* beobachteten Larven sind in ganz ähnlicher Weise bei anderen Perlmuscheln, z. B. Margaritifera margaritifera, von *Seurat* gefunden worden, und stimmen im ganzen mit den von *Shipley* und *Hornell* beschriebenen Larven überein. Vermutlich sind sie auf die kleinen frei schwimmenden, gewöhnlich als Scoleces bezeichneten Larven (Fig. 17 *A*) zurückzuführen und dürften nach *Shipley*, *Herdman* und *Hornells* Vermutung zu Rhynchobothrius (Tetrarhynchus) unionifacter gehören. Die Larven werden in ähnlicher Weise, wie es vorher von dem Distomum geschildert wurde, mit einer Hülle und darin von Schalensubstanzen umgeben. Die dritte Herleitung des Perlsacks vom Mantelepithel ist schwer zu beobachten, öfter scheinen es isolierte Zellen zu sein, welche zur Bildung des Perlsackepithels zusammentreten, so daß dessen Herkunft von Bindegewebszellen nahe liegt, aber *Herdman* und *Hornell* helfen sich damit, daß sie einzelne Zellen aus dem Mantelepithel ins Innere auswandern und dann wieder zum Perlsack zusammentreten lassen. Natürlich ist ein solcher Vorgang schwer zu beweisen, auch kann diese Frage hier nicht weiter verfolgt werden. Mehr interessieren dürfte diejenige, was aus den Parasiten später wird. Mit Sicherheit war sie bisher nicht zu lösen, aber die in der Perlmuschel gefundenen älteren Larvenstadien des Bandwurms (Fig. 17 *D*) machen es wahrscheinlich, daß sie zu dem oben genannten Bandwurm gehören, welche in Balistes-Arten lebt. Diese Fische nähren sich von Muscheln und fressen auch Perlmuscheln, so daß die Übertragung sich von selbst ergibt; es möchte aber sein, daß die betreffenden Bandwürmer ihr Endziel, d. h. die Geschlechtsreife, erst im Darmkanal von Rochen erreichen, welche ihrerseits jenen anderen Fisch auffressen. Eine große Rochenart (Aëobatis marinari), welche übrigens zu den direkten Feinden der Perlmuschel gehört und sich mit von ihnen nährt, ist nach *Seurats* im Archipel von Tuamotu (Ozeanien) ausgeführten Untersuchungen der Endwirt des als Larve (Scolex) in der Margaritifera margaritifera lebenden und die Perlenbildung veranlassenden Bandwurms (Tylocephalum margaritiferae *Seurat*). Als Feinde der Perlmuscheln wurden dort außerdem Balistes und andere Fische festgestellt.

Von Wichtigkeit scheint es besonders, daß auch in den Fällen, in welchen die Perlen durch tierische Parasiten hervorgerufen werden, der Ausgangspunkt ein verschiedener sein kann und sowohl Trematoden wie Cestodenlarven die Ursache der Perlenbildung sind. Ohne weiteres zu vermuten war, daß gewiß auch verschiedene Arten der betreffenden Saug- und Bandwürmer in Betracht kommen und daß dies möglicherweise an verschiedenen Örtlichkeiten sich verschieden verhält. Wenn die Lebens- und Organisationsverhältnisse der betreffenden Muscheln es gestatten, ist

nicht einzusehen, weshalb die Wurmlarven nicht so lange in ihrem Körper eine Existenzmöglichkeit finden, als es nötig ist, die Perlenbildung einzuleiten. Weitere und sicherere Nachrichten hierüber müßten von besonderem Interesse sein.

Übrigens können auch bei den Meeresmuscheln die Perlen ohne Mitwirkung von Fremdkörpern und Parasiten entstehen, nämlich die sogenannten Muskelperlen, welche nach *Herdman* von kleinen Kalkkonkrementen ausgehen und somit eine ganz ähnliche Entstehungsweise haben, wie sie oben für die Perlen der Flußperlmuschel angegeben wurde. Außerdem ist zu vermuten, daß der weiter oben für die Flußperlmuschel beschriebene Anstoß zur Perlenbildung auch bei den Meeresmuscheln in ähnlicher Weise bestehen möchte. Es ist nicht ohne weiteres mit Sicherheit zu sagen, daß bei ihnen die gleichen Verhältnisse obwalten müßten, welche im Stoffwechsel der Süßwassermuscheln zur Produktion jener gelben Körnchen führen, doch darf man dies wohl im ganzen als recht wahrscheinlich ansehen. Dafür spricht, daß von verschiedenen Autoren *(Dubois, Jameson, Herdman* und *Hornell)* gelegentlich durchaus vergeblich nach den Parasiten gesucht und z. B. von *Jameson* angegeben wurde, daß im Zentrum mancher Perlen nichts anderes, als einige gelbliche Körnchen zu finden sind. Ebenso teilte *Dubois* speziell von marinen Perlmuscheln (Margaritifera vulgaris) mit, daß unter Umständen in ihrem Perlenkern kein Parasit vorhanden sei und die gleiche Wahrnehmung machten *Herdman* und *Hornell* ebenfalls bei marinen Muscheln (Margaritifera und Mytilus).

Daß Parasiten und speziell die von den genannten Autoren beschriebenen Saug- und Bandwurmlarven den Ausgangspunkt für die Perlen bilden können, soll trotzdem nicht in Abrede gestellt werden. Wie Fremdkörper anderer Art dazu befähigt sind, kann dies auch hinsichtlich jener Parasiten und möglicherweise sogar in noch höherem Maße der Fall sein. Aber die Wahrscheinlichkeit dürfte dafür sprechen, daß jener andere, an den Stoffwechsel des Tieres gebundene Vorgang auch bei den marinen Muscheln eine Rolle spielen möchte. Darüber können freilich erst erneute Untersuchungen Aufschluß geben. Zunächst ist jedenfalls festzuhalten, daß die Ursachen, welche zur Perlenbildung Veranlassung geben, recht verschiedener Natur sind. — Abgesehen von den verschiedenen Ursachen, welche die Perlenbildung veranlassen, kann es für die Ausbildung der Perlen einen Unterschied bedeuten, in welcher Region des Mantels sie erfolgt, da auch die Schale an verschiedenen Stellen eine differente Bildung zeigt. Übrigens werden Perlen auch außerhalb des Mantels, d. h. in anderen Organen des Muschelkörpers gefunden (vgl. S. 185).

Es liegt in der Natur der Sache, daß die Zahl der in einer Muschel entstehenden, zumal kleineren Perlen kaum beschränkt zu sein braucht, so hört man von 10, 20 bis 100 und mehr Perlen, die in einer Muschel gefunden worden seien, wobei es sich gewiß um solche recht verschiedenen Umfangs handelte, denn wirklich große, schöne Perlen in größerer Zahl dürfte die Muschel kaum hervorzubringen imstande sein.

6. Struktur, chemische Zusammensetzung, Härte und spezifisches Gewicht der Perlen.

Da sich die Perlen aus den drei verschiedenen Schalenschichten: Periostracum-, Prismen- und Perlmutterschicht zusammensetzen, so wird ihre Struktur je nach dem Überwiegen der einen oder anderen Schicht eine sehr verschiedene sein. Dies ist aber insofern um so mehr der Fall, als nicht alle die genannten Schichten in der Perle vorhanden zu sein brauchen, sondern diese unter Umständen aus zwei oder gar nur einer der genannten Schichten

Fig. 18 *A*.

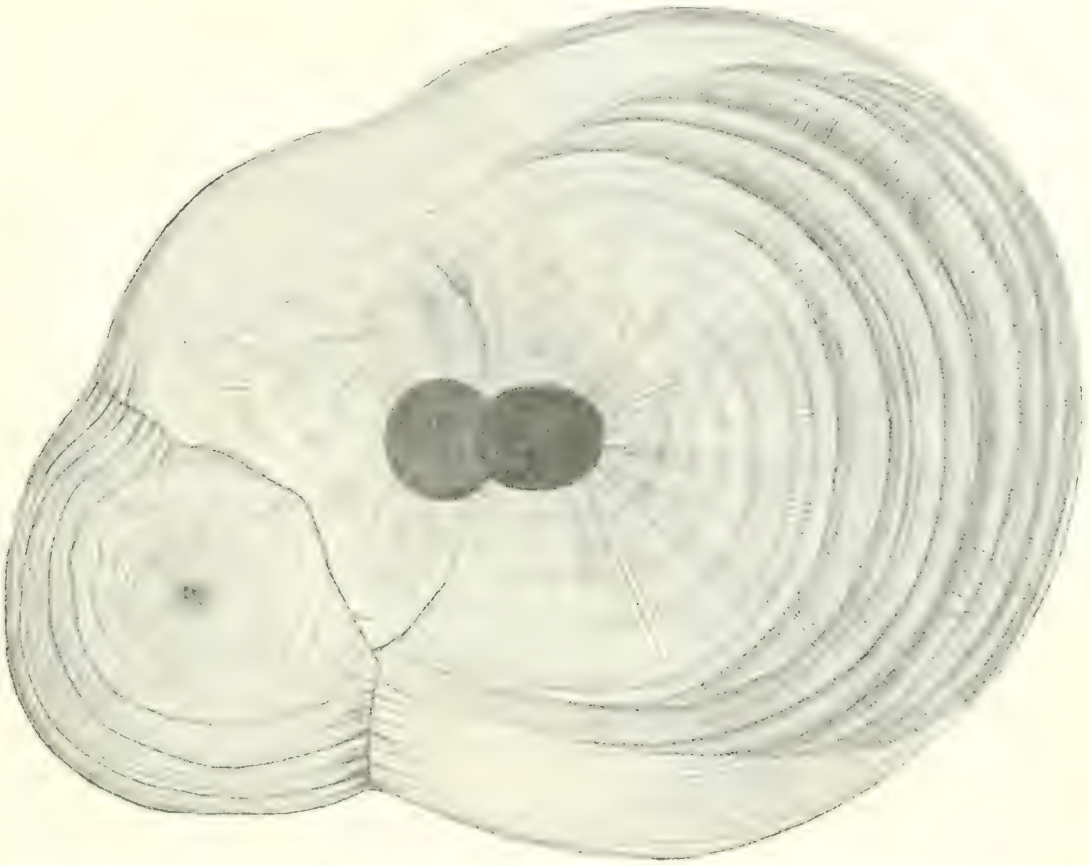
Perlenschliff in schematischer Darstellung; die Periostracumschichten sind dunkel bis schwarz gehalten (vgl. den Text S. 132).

besteht. Nach der von der Perlenbildung gegebenen Darstellung findet sich inmitten der Perle ein Kern verschiedener Herkunft, um welchen sich die verschiedenen Schalenschichten konzentrisch lagern (Fig. 18 *A*). Auf Prismenschichten können solche organischer Substanz (Periostracum), auf diese wieder Prismen und dann Perlmutterschichten folgen, wobei die Zahl der Schichten und ihre Stärke eine ganz verschiedene sein kann. Fig. 18 *A* gibt in schematischer Darstellung die Struktur eines Perlenschliffes wieder, welcher die Aufeinanderfolge der Schichten sozusagen in normaler Beschaffenheit erkennen läßt, innen der Kern, darum geschichtete

Lagen, dann abwechselnd Periostracum- und Prismenschichten, außen mehrere Perlmutterlagen.

Wie schon erwähnt, ist die Stärke und Verbreitung der Schichten in der Perle eine recht verschiedenartige. Um ein Beispiel dafür von einer Perle mit im ganzen „normaler" Schichtenfolge zu geben, sei die in Fig. 18 *B* im Schliff dargestellte Perle gewählt. Es handelt sich um eine ovale etwas unregelmäßig geformte Perle von 7·2 *mm* größter Länge und 6·2 *mm* größter Breite im Durchmesser, welche ringsum sehr schönen Perlenglanz zeigte. Die Perle unbekannter Herkunft, vermutlich von einer

Fig. 18 *B*.



Schliff einer Perle mit 2—3fachem Kern; um diesen die Prismen-, außen die Perlmutterschichten. Vergr. 16mal.

amerikanischen Süßwassermuschel stammend, erweist sich auf dem Schliff als zusammengesetzt (vgl. unter S. 146). Von zwei Zentren, einem einfachen und „Doppelkern" gehen konzentrisch gelagert die Prismenschichten aus, um sich an den breiteren Pol bis dicht an die Oberfläche auszubreiten (Fig. 18 *B* rechts), während sie im übrigen von einer mehr oder weniger dicken Perlmutterlage bzw. deren an Stärke wechselnden Schichten überdeckt sind (Fig. 18 *B* links, oben und unten). Eine ganz dünne Perlmutterlage ist aber auch am breiten Pol vorhanden, was dadurch bestätigt wird, daß die Perle auch hier lebhaften Perlenglanz erkennen ließ.

Außer Perlen, die aus allen drei Schichten bestehen, findet man bei ein und derselben Muschelart auch solche, welche zwischen den Prismen-

nur Periostracumschichten aufweisen, sowie andere, bei denen auch diese sehr zurücktreten oder fast ganz verschwinden. Dann erscheint die Perle fast ausschließlich aus Prismenschichten zusammengesetzt oder zwischen diesen tritt nur ganz gelegentlich eine etwas stärkere Periostracumlamelle auf. Fig. 18 *C* gibt einen Schliff der bekannten stumpf, rötlichgrau gefärbten, erbsengroßen und überhaupt erbsenähnlich aussehenden Perlen von Margaritana wieder, die jedes Perlmutterglanzes entbehren. Der Schliff zeigt, daß die Perle in der Hauptsache aus Prismenschichten besteht, zwischen denen die Periostracumlagen hie und da etwas größere Stärke erlangen. Bei anderen derartigen Perlen ist dies jedoch noch weniger der Fall und die Prismenschichten überwiegen dann noch mehr.

Fig. 18 *C*.

Schliff einer hauptsächlich aus Prismen- und dünnen Periostracumschichten bestehenden Perle von *Margaritana margaritifera*. Vergr. 16mal.

Solche größtenteils glanzlose, rötlich grau gefärbte Perlen der Süßwassermuscheln können übrigens an einem größeren oder geringeren Bezirk ihrer Oberfläche eine hellere Färbung und mehr oder weniger ausgeprägten Perlmutterglanz annehmen, was durch eine nachträgliche Auflagerung von Perlmuttersubstanz an den betreffenden Stellen bewirkt wird.

Wie Perlen nur oder fast ausschließlich aus Prismenschichten bestehen können, so kommen auch solche häufig vor, die sich größtenteils aus Perlmutterlagen zusammensetzen. Wie dort zwischen den Prismenschichten, finden sich bei ihnen ebenfalls schwächere oder stärkere Periostracumlagen, doch können diese verschwindend gering und sehr dünn werden. Letzteres ist z. B. bei der in Fig. 19 *A* dargestellten amerikanischen Süßwasser- (sogenannte Slug-) Perle der Fall. Die einen matten Perlenglanz zeigende, im größeren Durchmesser 5·6 *mm*, im kleineren 4·3 *mm* messende, ziemlich regelmäßig geformte, ovale Perle gibt sich im Schliff als aus zwei Teilen zusammengesetzt zu erkennen. Um die beiden Zentren

feinkörniger Substanz lagert sich eine ziemlich homogen erscheinende, kaum oder nur undeutlich geschichtete Masse ab, auf welche die Perlmutterschichten von verschiedener Stärke folgen (Fig. 19 *A*). Zwischen ihnen sind Periostracumlagen kaum oder nur in ganz verschwindender Dünne wahrzunehmen, was in der Figur kaum recht zum Ausdruck kommt, da die dunklen Linien hauptsächlich die durch besondere Lichtbrechungsverhältnisse veranlaßten Abgrenzungslinien der Perlmutterschichten gegeneinander darstellen sollen. Einzelne dünne Periostracumlagen sind vorhanden und eine stärkere, sich aber nur über einen kleinen Bezirk der Perle ausbrei-

Fig. 19 *A*.

Schliff einer amerikanischen Süßwasserperle mit doppeltem Kern, fast nur aus Perlmuttersubstanz bestehend. Vergr. 20mal.

tende Lage findet sich in der Nähe ihres konvexen (in der Figur oberen) Randes. Ebenso tritt eine stärkere Periostracumlage an dem, die beiden Perlenhälften teilweise trennenden Spalt, auf (Fig. 19 *A*).

Es braucht kaum erwähnt zu werden, daß man solche fast nur aus Perlmuttersubstanz bestehenden Perlen auch bei anderen Muscheln findet, z. B. bei der Miesmuschel (Mytilus edulis), deren weiße, schwachen Perlenglanz zeigende Perlen zuweilen kaum noch Spuren von Periostracumlagen zwischen den Perlmutterschichten aufweisen: die letzteren sind bei ihnen dicht gedrängt; in manchen Fällen bestehen sie sogar nur aus einer fast ganz gleichartigen Perlmuttermasse, in welcher die Abgrenzung der einzelnen

Schichten gegeneinander sehr zurücktritt. In anderen Fällen hingegen kommen die Schichten zu starker Ausprägung oder diese wird durch Verstärkung der Periostracumlagen bewirkt. Das letztere Verhalten ist bei der in Fig. 19 *B* dargestellten Mytilus-Perle zu erkennen, welche in der Umgebung des granulierten Zentrums Perlmutter, weiterhin abwechselnd in verschiedener Stärke und Verteilung Periostracum- und Perlmutterschichten aufweist. Die Perle war von ziemlich regelmäßiger Kugelform, 2·3 *mm* im Durchmesser, weiß, silberglänzend.

Wie bei den nur aus Prismenschichten bestehenden Perlen schwindet der Perlenglanz auch bei denen, bei welchen die Periostracumlamellen stark überwiegen und schließlich an die Oberfläche zu liegen kommen, wie es bei der in Fig. 19 *C* abgebildeten Perle der Fall ist. Es sind kleine Perlen von reichlich 1 *mm* Durchmesser und dunkler Färbung, wie sie sich am Rand des hinteren Schließmuskels von Margaritana finden und größtenteils aus Perlmutter- und Periostracumschichten mit Überwiegen der letzteren (Fig. 19 *C*) bestehen können. Übrigens ist es gar nicht ausgeschlossen, daß bei derartig strukturierten Perlen Ansätze von Prismenlagen an den Periostracumschichten auftreten und dann wieder alle drei Schichten vorhanden sind.

Fig. 19 *B*.

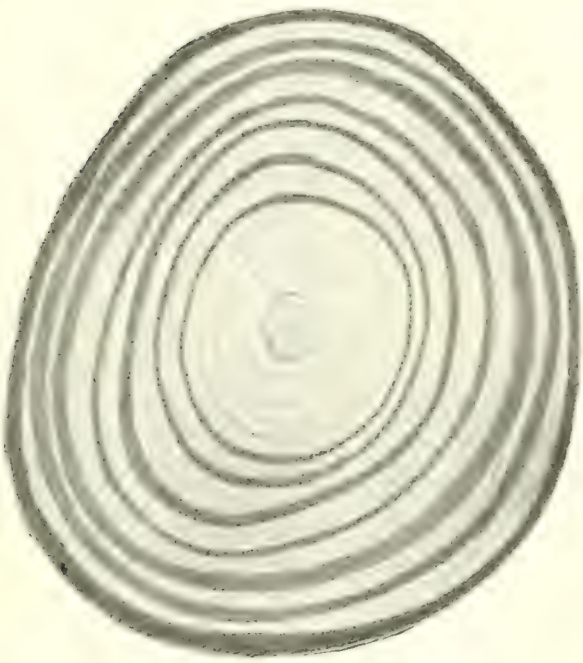
Schliff einer Perle von *Mytilus edulis*, aus Perlmutter- und Periostracumschichten bestehend. Vergr. 35mal.

Nimmt das Überwiegen der Periostracumschichten zu und werden die Perlmutterschichten immer mehr zurückgedrängt, d. h. wurde bei der Perlbildung nur noch Periostracumsubstanz ausgeschieden, so kommen braune, dunkelbraun bis schwarz schimmernde Perlen zustande, welche nur noch aus organischer Substanz, nämlich Periostracumlagen, bestehen (Fig. 19 *D*).

Obwohl die hier gegebene Darstellung aus der großen Mannigfaltigkeit der Fälle nur einige besonders charakteristische herausgriff, läßt sie bereits erkennen, daß Bau und Zusammensetzung der Perlen sehr ver-

schiedenartig sein können. Wenn dies, wie gezeigt wurde, für ein und dieselbe Muschel bzw. für einander nahe stehende Arten gilt, so wird es in noch höherem Maße für jene Weichtiere in Betracht kommen, welche Perlen von schon äußerlich recht abweichender Beschaffenheit hervorbringen. Wir denken dabei an die zwar auch konzentrisch geschichteten, aber größtenteils aus einer krystallinischen Kalkmasse bestehenden und in ihrer Struktur sehr unregelmäßig erscheinenden Perlen von Tridacna. Diese einen bedeutenden Umfang erreichenden Perlen zeigen eine porzellanartige Beschaffenheit, wie auch manche andere Perlen in ihrem äußeren Aussehen von den Perlen der echten Perlmuscheln in mancher Beziehung abweichen.

Fig. 19 *C*.



Kleine Perle von *Margaritana margaritifera*, nur aus Perlmutter- und starken Periostracumschichten bestehend (schematisiert). Vergr. ca. 45mal.

Fig. 19 *D*.

Kleine *Margaritana*-Perle, nur aus Periostracumschichten bestehend (etwas schematisiert). Vergr. ca. 20mal.

Auf dieses Verhalten der Perlen bei den genannten und anderen Weichtieren wird weiter unten noch etwas genauer einzugehen sein.

Daß dem verschiedenartigen Aufbau der Perlen entsprechend, ihre äußere Beschaffenheit, Farbe, Glanz, Durchsichtigkeit etc. ebenfalls verschieden sein muß, braucht kaum erwähnt zu werden. Man hat bestimmte Zahlen für die chemische Zusammensetzung der Perlen auf Grund quantitativer Analysen angegeben. Immer wiederkehrend findet man in der Literatur die durch Untersuchung von je zwei britischen, indischen und australischen 4karatigen Perlen durch *G.* und *H. S. Harley* gewonnene Angabe, daß diese wohl aus dem Süßwasser und Meer stammenden, allerdings als „oyster pearls“ bezeichneten reinen weißen Perlen übereinstimmend die folgende Zusammensetzung zeigten.

Kohlensaurer Kalk	91·72%
Organische Substanz	5·94%
Wasser	2·23%
Verlust	0·11%
	100·00%

Eine andere Analyse edler Perlen, welche *Dubois* neuerdings mitteilt, stimmt damit ziemlich überein:

Kohlensaurer Kalk	91·59%
Organische Substanz	3·83%
Wasser	3·97%
Verschiedenes	0·81%
	100·00%

Dagegen ergab eine ebenfalls auf Veranlassung von *R. Dubois* vorgenommene Analyse der Perlen von Pinna nobilis (Steckmuschel) ein von jenen Analysen abweichendes Resultat.

Kohlensaurer Kalk	72·72%
Organische Substanz	4·21%
Wasser	23·06%
Verlust	0·01%
	100·00%

Abgesehen von der verschiedenen Zugehörigkeit der untersuchten Perlen, ist es nach den obigen Mitteilungen selbstverständlich, daß die chemische Zusammensetzung der Perlen infolge der differenten Struktur und besonders des Zurücktretens oder Überwiegens der Schichten organischer Substanz (Periostracum) eine verschiedene sein muß.

Sicher würden sich bei Ausdehnung der Analysen auf die verschiedenartigen, weiter oben gekennzeichneten von denselben oder verschiedenen Tierarten herstammenden Perlen noch viel abweichendere Ergebnisse als in den wenigen hier mitgeteilten Analysen herausstellen.

Da die Perlen nicht ausschließlich aus kohlensaurem Kalk bestehen, lösen sie sich bei Behandlung mit Säuren nicht vollständig auf, vielmehr bleibt das Gerüst aus organischer Substanz erhalten und eine längere Zeit mit verdünnter Salzsäure (60%igen Alkohol mit 1—2% HCl) behandelte Süßwasserperle bewahrt ihre Form und läßt sich nachher in Schnitte zerlegen. Wie schon *Harley* bedauernd bemerkt, ist demnach die allbekannte schöne Erzählung von Cleopatras immens wertvoller Perle, welche sie vom Ohr nahm, um sie in Weinessig gelöst auf das Wohl ihres Verehrers Antonius zu trinken, mit einigem Mißtrauen zu begegnen, es sei denn, daß sie das wertvolle Objekt vorher zerstampfen und pulverisieren ließ, wodurch sich beim Behandeln mit Essig eine Art von Brausepulver ergeben hätte, was aber freilich weniger poetisch und anregend, sondern eher niederschlagend gewirkt haben würde.

Auch mechanisch sind die Perlen nicht so wenig widerstandsfähig, wie man gemeinhin glaubt und auch nach ihrer Struktur annehmen könnte. In dieser Hinsicht ist die ebenfalls von *Harley* gegebene Schilderung recht instruktiv, wonach eine erbsengroße Perle, die pulverisiert werden sollte, auf den harten Fußboden gelegt, mit dem ganzen eigenen Gewicht beschwert, mit dem Stiefelabsatz bearbeitet, nicht zerbrach und durch kräftige Schläge mit dem Hammer in die Tischplatte getrieben wurde, ohne nachzugeben; erst mit Hammer und Meißel, auf eiserner Unterlage, gelang es, die Perle zu zersprengen. Diese Versuche, die sich jeden Augenblick an Margaritanaperlen mit gleichem Ergebnis wiederholen lassen, zeigen recht deutlich die Härte und Widerstandsfähigkeit, die aber gewiß bei den einzelnen Perlen, entsprechend ihrer verschiedenen Struktur, eine differente ist. Nach *Möbius* werden manche Perlen schon von Flußspat, andere erst von Apatit geritzt, stehen also in der *Mohs*schen Härteskala zwischen 3·5 und 4·5, womit sie (erklärlicherweise) ziemlich tief unter den Edelsteinen (Apatit 5, Orthoklas 6, Quarz 7, Topas 8, Korund 9, Diamant 10) rangieren, aber die Krystalle des kohlensauren Kalks an Härte übertreffen, obwohl sie zum größten Teil aus diesen bestehen. Dieses Verhalten dürfte sich mit Recht daraus erklären lassen, daß die Art des inneren Aufbaus und der damit in Verbindung stehende Gehalt an organischer Substanz bzw. deren Verteilung zwischen den Kalkteilchen, einen innigeren Zusammenhalt dieser Teile bewirken, also eine höhere Kohärenz und damit eine größere Festigkeit mit sich bringen. Es braucht nicht besonders hervorgehoben zu werden, daß edle Perlen, auch wenn sie eine große Widerstandsfähigkeit und Härte besitzen, schon deshalb vor mechanischen Insulten, wie auch vor chemischen Einflüssen (Berührung mit säurehaltigen Flüssigkeiten) in acht genommen werden müssen, weil sie dadurch an ihrer Oberfläche Schädigungen in Form von Rissen, Sprüngen, Abspringen von Teilen der Außenschicht, Erblinden einzelner Stellen der Oberfläche etc. erleiden können, die ihren Glanz und ihre Schönheit sehr beeinträchtigen würden.

Mit der Zusammensetzung und Struktur der Perlen steht natürlich ihre Dichtigkeit (spezifisches Gewicht) im engen Zusammenhang und muß dementsprechend ebenfalls verschieden sein. Demnach findet man auch recht differente Angaben über das spezifische Gewicht: für edle Perlen orientalischer Herkunft wird es auf 2·650—2·686 angegeben *(Möbius, Hessling, Harley)*, für ganz feine Süßwasserperlen sogar auf 2·724 *(Hessling)*. Das spezifische Gewicht frischer, glänzender weißer Seeperlen steht nach *Möbius* um 0·1—0·3 hinter dem des Kalkspats und Aragonits zurück, was er sich aus dem geringeren Gewicht der organischen Substanz erklärt. Wie gesagt, wird dazu die Art des Aufbaus kommen und so ist es erklärlich, daß für andere Perlen ein weit geringeres spezifisches Gewicht, für schlechtere Süßwasserperlen z. B. 2·238, 1·973 und 1·910, für andere (marine) Perlen sogar nur 1·684 und 1·540 angegeben wird, woraus wohl aber kaum mit Sicherheit hervorgeht, daß dies gerade minderwertige Perlen

sein müssen. Vielmehr dürfte es vor allem auf die Beschaffenheit der äußeren Schichten ankommen.

7. Farbe und Glanz.

Farbe und Glanz der Perlen stehen, wie schon mehrfach erwähnt, im engen Zusammenhang mit ihrer Struktur. Bei ein und derselben Muschelart, und zwar sowohl bei den marinen Perlmuscheln wie bei denen des Süßwassers, bei Pinna und anderen Muscheln finden sich Perlen von ganz verschiedener Färbung. In den meisten Fällen gleicht diese wohl derjenigen der Perlmutterschicht, welche die Schale auskleidet, wie dies bei den edlen Perlen der marinen und Süßwasserperlmuscheln der Fall ist. Die großen Perlen des Strombus gigas zeigen die zarten Lila- oder Rosatöne der inneren Schalenschicht. Andrerseits werden von den Perlmuscheln andersfarbige, z. B. die wegen ihres Glanzes und eigenartigen Aussehens sehr geschätzten schwarzen Perlen hervorgebracht. Sogenannte schwarze Perlen, die nicht gerade schwarz zu sein brauchen, sondern auch dunkelbraune bis ins Schwarze gehende Töne zeigen können, finden sich bei verschiedenen Muscheln, so bei Margaritana und Pinna. Obwohl die Perlen der letzten Muschel gewöhnlich die gelbrote Farbe besitzen, kommen doch bei ihr auch hellere bis weiße und graue Perlen vor. Das gleiche gilt für die Flußperlmuschel, deren Perlen vom schönsten weißen Perlenglanz bis zu matter grauer Färbung, rötlichen bis braunroten, hell- und dunkelbraunen, auch grünen und anderen Tönen mit und ohne Glanz variieren, dabei durchscheinend und undurchsichtig sein können. Neben weißen bis grauen silberglänzenden sind auch gelbe, grüne, blaue, rote, violette Perlen von anderen Muscheln (wahrscheinlich von Perlmuscheln) bekannt; besonders zeichnen sich die amerikanischen Unioden durch Produktion solcher farbiger Perlen aus, die ungefähr jede beliebige Farbe aufweisen können.

Hervorgebracht wird die verschiedenartige Färbung offenbar durch die Kombination der Periostracum- mit den Prismen- und Perlmutterschichten, wobei die Farbe hauptsächlich, wenn nicht ausschließlich, an die ersteren gebunden ist und die Art der Bedeckung durch die anderen, besonders durch die Perlmutterschichten, die Art der Färbung erzielen dürfte. Wenn die Periostracumschichten auf der einen Seite der Perle zutage treten, auf der anderen Seite jedoch von der Perlmutterschicht überdeckt sind, so kommen Perlen zustande, welche zur Hälfte braun gefärbt sind, an der anderen weißen Hälfte jedoch einen schönen Perlmutterglanz zeigen können.

So spielt also bei der Färbung der Perlen ihre Struktur eine wichtige Rolle, und das ist sicher insofern der Fall, als nicht nur die Kombination der organischen Schichten, sondern gewiß auch der feinere Bau der letzteren hinsichtlich des Durchscheinens wie überhaupt der Lichtdurchlässigkeit und Reflektion der einzelnen Schichten in Betracht kommt.

In dieser Beziehung sei auch auf das bei Besprechung der Schalenstruktur über die Farbentöne der Perlmutter und die Farbwirkung dünner Plättchen sowie der Oberflächenbeschaffenheit Gesagte verwiesen (S. 118). Vor allen Dingen dürfte also die feinere Struktur der äußeren Schichten für den Glanz der Perlen ihr sogenanntes „Wasser und Lüster" und damit für die an ihnen am meisten geschätzte Eigenschaft von Bedeutung sein. Die Art, wie sie sich unter sich mit den darunter liegenden Schichten verbinden, wie viele solche Schichten an der Oberfläche vorhanden und wie stark die einzelnen sind, welche Färbung und Zusammensetzung sie haben, wie die Außenfläche der Perle sich verhält, ob sie sehr glatt ist oder unerhebliche, vielleicht nur mit stärkeren Vergrößerungen wahrnehmbare Vertiefungen und Erhebungen zeigt, alles dies wird für den Glanz, wie auch für die Tönung der Perle (Wasser und Lüster) in Betracht kommen. Im einzelnen aber die Faktoren zu bestimmen, welche den wundervollen Glanz einer edlen Perle hervorbringen, die Brechung und Reflektion der Lichtstrahlen zu berechnen, die Gründe für die zarte Tönung und das Irisieren der Oberfläche anzugeben, wird bei der komplizierten und dabei sehr verschiedenen Zusammensetzung der einzelnen Perlen ungemein schwierig und kaum möglich sein.

8. Größe und Form.

Aus dem über die Entstehung der Perlen Mitgeteilten ergibt sich von selbst, daß ihre Größe eine sehr verschiedene sein muß. Perlen können schon mit allen ihren charakteristischen Eigenschaften ausgestattet sein, wenn sie auch von mikroskopischer Größe sind. Es gibt also Perlen von kaum sichtbarer Größe bis zu solchen vom Umfang einer Haselnuß, Walnuß oder eines Taubeneies und noch darüber, wenn die in der Literatur enthaltenen Angaben richtig sind. Bei so großen Perlen handelt es sich zumeist um solche von unregelmäßiger Gestalt; weiße kugelförmige oder höchstens ovale Perlen gehen nur selten über Haselnußgröße und 80 bis 100 oder höchstens 125 Karat (das Karat zu 205·3 *mg*) hinaus. Runde weiße Perlen von 40—50 Karat gelten schon für sehr umfangreich und stehen hoch im Preis. Dieser pflegt sich zu verringern, wenn die Perle Abweichungen von der kugelförmigen oder regelmäßig ovalen Gestalt oder andere Unregelmäßigkeiten in Form und Färbung zeigt. So hat eine der bekannten Perlen, die Hope-Perle (nach dem früheren Besitzer genannt), ungefähr Birnenform mit unregelmäßigen Erhebungen und Vertiefungen (Fig. 20). Diese nur zum Teil durch echten Perlenglanz und weiße Färbung ausgezeichnete Perle wiegt nicht weniger als 450 Karat (92·4 *g*), ist 51 *mm* lang und mißt 114 *mm* im Umfang des breiten, 82 *mm* in demjenigen des schmalen Endes. Bei derartigen großen Perlen handelt es sich häufig um solche, welche früher mit der Muschelschale im Zusammenhang standen und die wir als „Schalenperlen" noch kennen lernen werden. Wer sich für die einzelnen besonders großen und schönen Perlen, ihre zum

Teil enormen Preise, ihre Verwertung und ihr Schicksal interessiert, findet diese wie die kostbarsten Edelsteine mit eigenen Namen belegten Stücke bei *Möbius* und *Hexling*, sowie in *Kunz* und *Stevensons* Perlenbuch eingehend beschrieben, in welchem letzteren Buch auch Abbildungen wertvoller Perlen und Perlenschmuckstücke ohne und mit ihren glücklichen Besitzern in reicher Auswahl gegeben sind.

Fig. 20.

Die Hope-Perle in natürlicher Größe (nach *Kunz* und *Stevenson*).

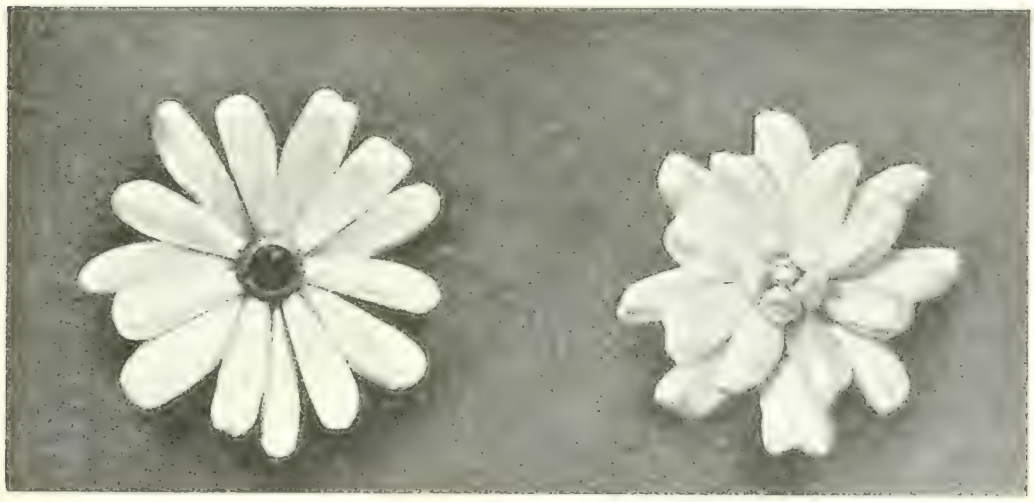
Mit dem Begriff edler Perlen verbindet sich außer dem charakteristischen Glanz die kugelrunde, höchstens noch ovale oder birnförmige Gestalt, doch mußte bereits mehrfach erwähnt werden, daß die Perlen häufig von der runden Form abweichen. Das kann in geringerem Maße infolge des Auftretens von Vorwölbungen und Vertiefungen an einzelnen Stellen oder aber Veränderungen der ganzen Gestalt geschehen, die dann etwa am einen Ende verbreitert, am anderen Ende verschmälert und somit birnförmig erscheint. So gestaltete Perlen finden, wie schon mehrfach erwähnt, besonders als Gehänge Verwertung und sind daher ebenfalls sehr geschätzt. Weiter kann die ganze Perle eine längliche Gestalt annehmen, wie es bei den sogenannten Hundszahnperlen der Fall ist (Fig. 21). Derartige langgestreckte Perlen finden sich bei den Süßwassermuscheln mit Vorliebe in der Ligamentfalte. Von unregelmäßiger Gestalt sind auch die an den Schließmuskeln auftretenden Perlen, die häufig in größerer Zahl dicht nebeneinander liegen. Bei so enger Aneinanderlagerung der Perlen kommt es nicht selten zu einer Verschmelzung, wodurch die Form ebenfalls beeinflußt und verändert wird. Man kennt Perlen von abgeplatteter, halbkugel-, linsen-, nieren-, birn-, stab-, traubenförmiger und mancher anderen

Gestalt. Die von der Kugel- oder Ellipsoidform abweichenden Perlen, zumal die von ungewöhnlicher Größe, pflegt man als Barockperlen zu bezeichnen.

9. Verschiedene Arten von Perlen.

Obwohl vorher und zumal in den letzten Abschnitten von recht verschiedenartigen Perlen die Rede war, muß doch noch vergleichsweise darauf eingegangen werden. Zunächst handelt es sich dabei um die von den weiter oben angeführten perlenerzeugenden Tieren hervorgebrachten Perlen, die unter Umständen in ihrer Beschaffenheit recht weit von dem entfernt sind, was man sonst unter einer von dem Muscheltier hervorgebrachten Perle zu verstehen pflegt. Dies gilt z. B. für die bis zur Größe einer Kirsche heranwachsenden, kugelförmigen, ovalen, birnförmigen oder läng-

Fig. 21.



Zwei Broschen aus „Hundezahnperlen" (nach *Kunz* und *Stevenson*).

lichen Perlen von Tridacna und Hippopus, welche selten einen Perlmutterglanz aufweisen, sondern gewöhnlich opak- und porzellanartig erscheinen. Bei diesen sehr harten Perlen tritt die lamellöse hinter einer mehr scholligen Struktur der Kalksubstanz zurück, welche die ganze Perle erfüllt. Die letztgenannten großen, kompakten Perlen lassen recht deutlich den auch sonst wahrzunehmenden Zusammenhang zwischen Beschaffenheit der Schalen und Perlen erkennen, die im allgemeinen darin bestehen dürfte, daß bei Muscheln mit dicken und festeren Schalen umfangreichere und festere Perlen gefunden werden. Nach der im ganzen übereinstimmenden Struktur dieser beiden Gebilde ist dies ohne weiteres verständlich. Die großen und dickschaligen Perlmuscheln Margaritifera margaritifera und M. maxima bringen die größten edlen Perlen hervor, während die kleinere M. vulgaris im allgemeinen weniger umfangreiche, wenn auch im Glanz sehr schöne Perlen erzeugt. Im Persischen Golf jedoch, wo dieselbe Muschel (M. vulgaris) größer und dickschaliger wird, sollen auch ihre Perlen voluminöser werden. Damit stimmt überein, daß größere Perlen erst bei

älteren Muscheln gefunden werden, bei denen die Schale bereits massiger geworden ist; hierauf wird noch weiter unten einzugehen sein (vgl. S. 147).

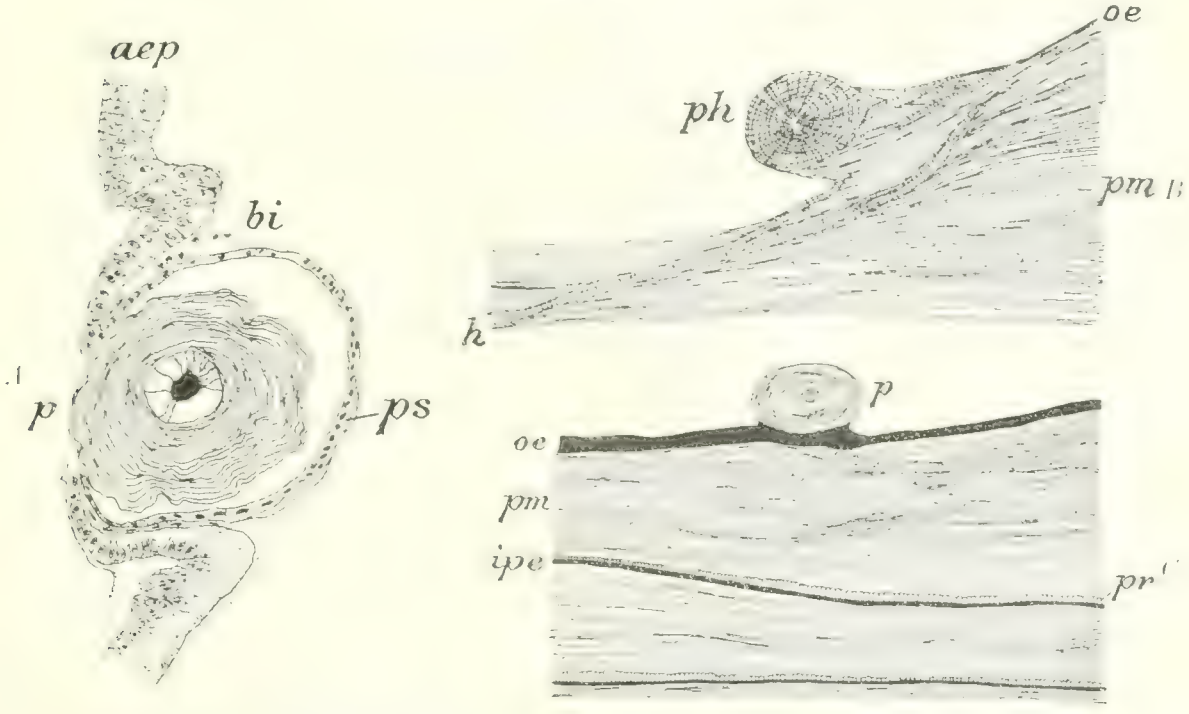
Daß ein und dieselbe Muschel oder Muschelart unter Umständen Perlen von recht verschiedenartiger Beschaffenheit hervorbringen kann, braucht nach dem früher Mitgeteilten kaum besonders hervorgehoben zu werden. Es wird dies von der Art der Schichtenablagerung in der Perle, von ihrem Ausbildungszustand usw., aber auch davon abhängen, wo sie im Mantel liegt. Diejenigen Perlen, welche an Stellen des Mantels entstehen, welche besonders glänzende Schalenpartien abzuscheiden haben, dürften von vornherein bevorzugt sein und größere Aussicht auf eine bessere Ausbildung haben. Dementsprechend wird sowohl für die Meeres- wie Flußperlmuschel angegeben, daß die guten Perlen mit Vorliebe in bestimmten, für ihre Ausbildung besonders geeigneten Regionen des Körpers gefunden würden.

Stumpf, nur wenig glänzend erscheinen die weißen Perlen der Miesmuschel. Derartige des Perlenglanzes fast oder gänzlich entbehrende Perlen kommen auch bei anderen Muscheln vor, so wurden die gewöhnlich gelbroten runden bis birnförmigen Perlen von Pinna bereits erwähnt, ebenso die großen, braun gefärbten, ganz matten Perlen von Margaritana. Die Reihe der perlenerzeugenden Tiere kann hier nicht durchgegangen werden, doch sei, wie schon vorher, nochmals darauf hingewiesen, daß die Perlen begreiflicherweise der mit ihrer eigenen Substanz mehr oder weniger übereinstimmenden inneren Schalenschicht häufig sehr ähnlich sind, wie dies für die oben erwähnten porzellanartigen Perlen der Tridacna sowie für die rosafarbenen oder grünen Perlen der Gastropoden Strombus und Haliotis gilt.

Wie erwähnt, wirkt abgesehen von der Zugehörigkeit zu verschiedenen Tieren auch die Lage im Weichkörper des Tieres auf Gestalt und Färbung der Perlen ein: von den Mantel-, Muskel- und Ligamentperlen wurde dies zum Teil schon vorher angegeben. Auch auf die Schalenperlen mußte bereits hingewiesen werden, doch ist auf diese als Schmuckgegenstände vielfach verwandten Perlenformen nochmals zurückzukommen, und zwar schon deshalb, weil es sich bei ihnen nicht immer um wirkliche, d. h. frei im Weichkörper des Tieres entstandene Perlen, sondern häufig um Auswüchse der inneren Schalenfläche handelt. Als eigentliche Schalenperlen wird man freilich nur diejenigen bezeichnen dürfen, welche im Mantel des Tieres gebildet und erst nachträglich mit der Schale vereinigt wurden. Wie dies geschieht, ist leicht vorzustellen: wenn Perlen dicht am Außenepithel des Mantels liegen, so kann der Perlsack sich nachträglich mit dem Epithel vereinigen und dieses an der Vereinigungsstelle auseinander drängen, so daß eine Lücke im Epithel entsteht (Fig. 22, *A*). An dieser Stelle kann dann die Perle mit der inneren Schalenfläche in direkte Berührung kommen, und da die Produktion der Perlschichten weiter geht, so tritt infolgedessen eine Verlötung mit der Schale ein, wie man dies von recht kleinen Perlen in den Fig. 22, *B* und *C* sieht. Im ersteren Fall sitzt die Perle der Perl-

mutterschicht, im letzteren dagegen einer zufällig hier befindlichen Periostracumlage (einem sogenannten „Ölfleck“) auf. Hier handelt es sich um sehr kleine Perlen, aber ganz ähnlich kann sich das Anlegen an die innere Schalenfläche und die Verlötung mit ihr bei größeren Perlen vollziehen. Der Umfang der Perlen nimmt dabei noch zu. Schreitet auch die Abscheidung von Schalenschichten an der betreffenden Stelle noch fort, so können zumal kleinere Perlen immer enger mit der Schale verbunden und durch völlige Überdeckung schließlich ganz in sie einbezogen werden (Fig. 23, *A* und *B*), so daß sie nun im Innern der Schale liegen, wo sie am Ende nur noch durch Anfertigen von Schliffen aufzufinden sind.

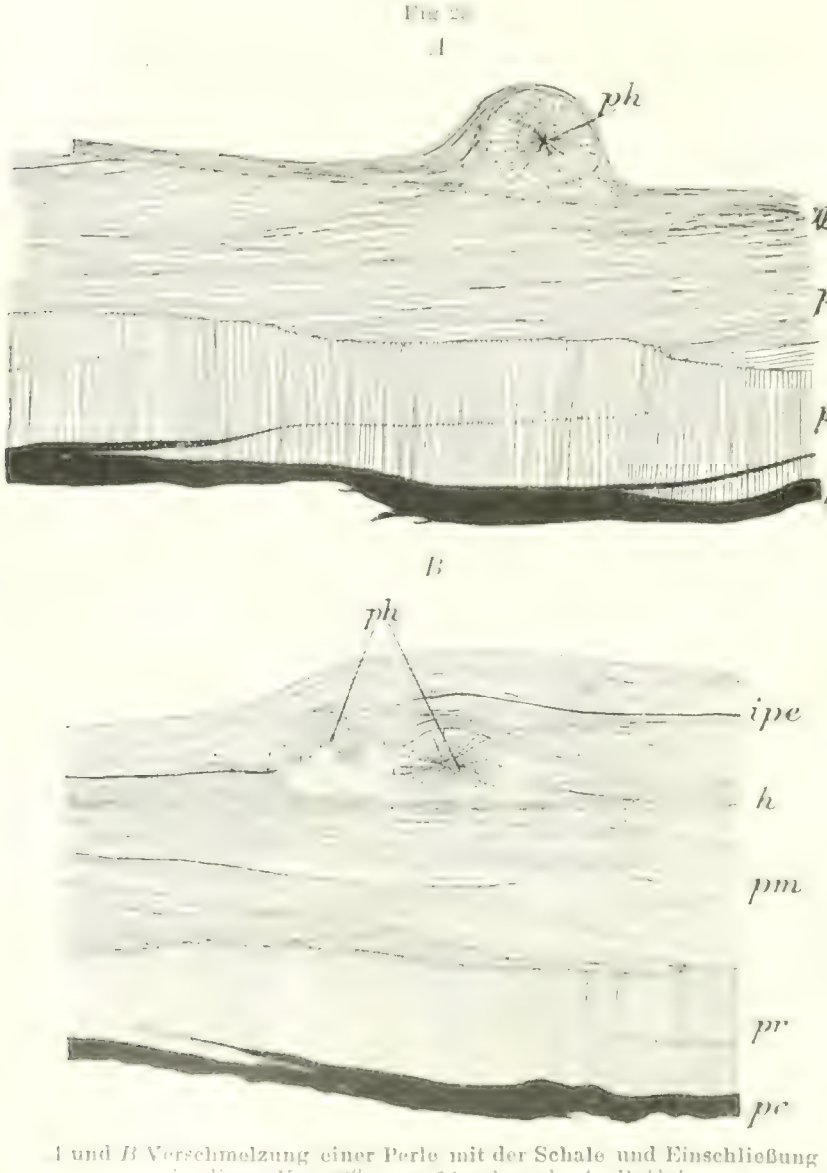
Fig. 22.



A Gegen die Schale offener Perlsack, *B* und *C* Verschmelzung einer kleinen Perle mit der Schale. *A* 220mal, *B* 12mal, *C* 48mal vergr. (nach *A. Rubbel*).
aep Außenepithel des Mantels, *bi* Bindegewebe, *h* Hypostracum (helle Schalenschicht), *ipe* Periostracumschicht in der Schale, *oe* differenzierte Partie an der Innenfläche der Schale (sog. „Ölfleck“), *p* und *ph* Perle, *pm* Perlmutterschicht, *pr* Prismenschicht, *ps* Perlsack.

Von den eigentlichen Schalenperlen sind die ebenfalls ganz perlenähnlichen Erhabenheiten der inneren Schalenfläche schwer zu unterscheiden. Die einen wie die anderen pflegen daher für gewöhnlich als Perlen bezeichnet zu werden und man spricht von diesen mehr oder weniger regelmäßig geformten Gebilden, die je nachdem eine breitere oder schmälere Verbindung mit der Schale aufweisen, auch als sogenannten Kropfperlen. Die nicht als freie Perlen entstandenen Schalenerhebungen dürften zumeist auf Verletzungen der Schale zurückzuführen sein, was besonders für die Muscheln mit verhältnismäßig dünnwandiger Schale gilt. Bei Anodonta, einer unserer bekanntesten Flußmuschelgattungen, die eine sehr dünne Schale besitzt, sind derartige Schalenwucherungen der verschiedensten Form recht häufig, ebenso bei Unio und anderen Najaden (Fig. 24). Sie gehen über in die auf anderem Wege, nämlich durch

Eindringen von Fremdkörpern in den zwischen Mantel und Schale befindlichen Raum hervorgerufenen Gebilde. Diese können sehr verschiedener (tierischer, pflanzlicher oder mineralischer) Natur sein und gelangen wohl zumeist ziemlich gewaltsam infolge von Verletzungen der Verbindung zwischen Mantel und Schale in den beide trennenden schmalen Spaltraum (Fig. 6 u. 7, S. 119). Hier pflegen sie an die innere Schalenfläche eng angepreßt und infolge der vom Mantel ausgehenden Abscheidung mit Schalen-, besonders Perlmutterschichten überzogen zu werden. So kommen die bekannten, schon vorher erwähnten Buddhabildchen zustande, die man wie andere Gegenstände (Fig. 8 *A*—*C*) künstlich in den Mantelschalenraum brachte und es werden nicht selten Tiere gefunden, welche in den Schalenmantelraum der Muschel gelangt, auf diese Weise mit der Schale in feste Verbindung gebracht und dadurch in ihrer Form dauernd konserviert wurden. Die Objekte, nach welchen die beigegebenen Abbildungen Fig. 25—27 angefertigt wurden, lassen noch sehr deutlich die Form der Schnecke, der Insektenlarve oder des Fisches erkennen, welche diesem Schicksal in einer Steckmuschel (Pinna), Flußmuschel (Anodonta) und Perlmuschel (Margaritifera) verfielen.



A und *B* Verschmelzung einer Perle mit der Schale und Einschließung in diese. Vergrößerung 14mal nach *A. Rubbel.*
h Hypostracum (helle Schicht), *ipe* innere ePriostr acumschicht, *pe* Periostracum, *ph* die Perlen, aus heller Schi ht bestehend, *pm* Perlmutter, *pr* Prismenschicht.

Die zu zweien oder mehreren verschmolzenen Perlen verdanken ihre Entstehung einem ganz ähnlichen Vorgang, wie er vorher für das Zustandekommen der Schalenperlen angegeben wurde. Wenn zwei oder mehrere in Bildung begriffene Perlen im Mantel nebeneinander liegen, was

nicht selten vorkommt, und sich bei ihrer weiteren Ausbildung dauernd vergrößern, so stoßen zunächst die Perlsäcke aneinander (Fig. 28 *A*) und wenn an dieser Stelle das Perlsackepithel schwindet, gelangen die Perlen selbst zur Berührung und Verschmelzung (Fig. 28 *B* und *C*). So können ganze Konglomerate von Perlen zustande kommen, wie man sie in der nicht seltenen Traubenform der Barockperlen kennt.

10. Perlengewinnung.

Nach der Entstehungsweise der Perlen, so weit wir sie mit einiger Sicherheit kennen, ist vorläufig anzunehmen, daß die Erzeugung der Perlen mehr vom Zufall abhängt. Hunderte von Perlmuscheln können unter Umständen durchsucht werden, ohne daß eine Perle von erheblicher Größe gefunden wird; kleinere Perlen allerdings mögen dabei der oberflächlicheren Untersuchung, wie sie für gewöhnlich nur vorgenommen werden kann, entgehen, denn es ist anzunehmen, daß irgendwelche Ursachen zur Perlenbildung fast immer vorhanden sind und auch zu ihr führen. Daß solche kleine Perlen sich vergrößern und zu ansehnlichen Perlen werden, ist kaum nötig und nicht einmal wahrscheinlich. Möglicherweise findet auch eine durch den Stoffwechsel der Muschel bedingte Wiederauflösung, also eine Vernichtung der Perlen im Organismus selbst statt. Von einer Erweichung der Perle war vorher in Verbindung mit der Parasitentheorie bereits die Rede.

Fig. 24.

Schale von *Unio pictorum* mit Auswüchsen an der inneren Schalenfläche. Natürliche Größe.

Nach der Bildungsweise der Perlen ist es wahrscheinlicher, daß man bei jungen Muscheln weniger, bei älteren größeren Muscheln dagegen mehr Aussicht haben wird, mit Erfolg nach Perlen zu suchen. Durch die Erfahrung wird dies im ganzen bestätigt. So sollen sich bei Margaritifera vulgaris, deren Alter man auf etwa 7 Jahre schätzt, vor dem

3. Jahr nur wenige Perlen finden, während ihr Ertrag von da an steigt: besonders zahlreich sollen die Perlen in fünfjährigen Muscheln sein und von da sollen sie bis zum 7. Jahr besonders kostbar werden. Den größeren Perlmuscheln dürfte ein höheres Alter zuzuschreiben sein: die Flußmuscheln sollen ein Alter von 12—14 Jahren erreichen, dagegen soll ihre Ertragsfähigkeit schon früher, bei den amerikanischen Formen im 5. Jahr eintreten. Ob die europäische Flußperlmuschel wirklich so alt wird, wie man

Pinna nobilis mit einem von Perlmuttersubstanz überzogenen Cerithium an der inneren Schalenfläche, $^1/_2$ natürlicher Größe.

Fig. 26.

Anodontaschale mit Chironomuslarve, von Perlmutter überzogen an der Innenfläche, $^2/_3$ natürlicher Größe.

annimmt, nämlich 50—60, ja sogar 100 Jahre *(Hessling)*, muß wohl einigermaßen zweifelhaft erscheinen; bei der Riesenmuschel (Tridacna), welcher man ebenfalls ein so hohes Alter zuschreibt, wäre dies vielleicht eher verständlich.

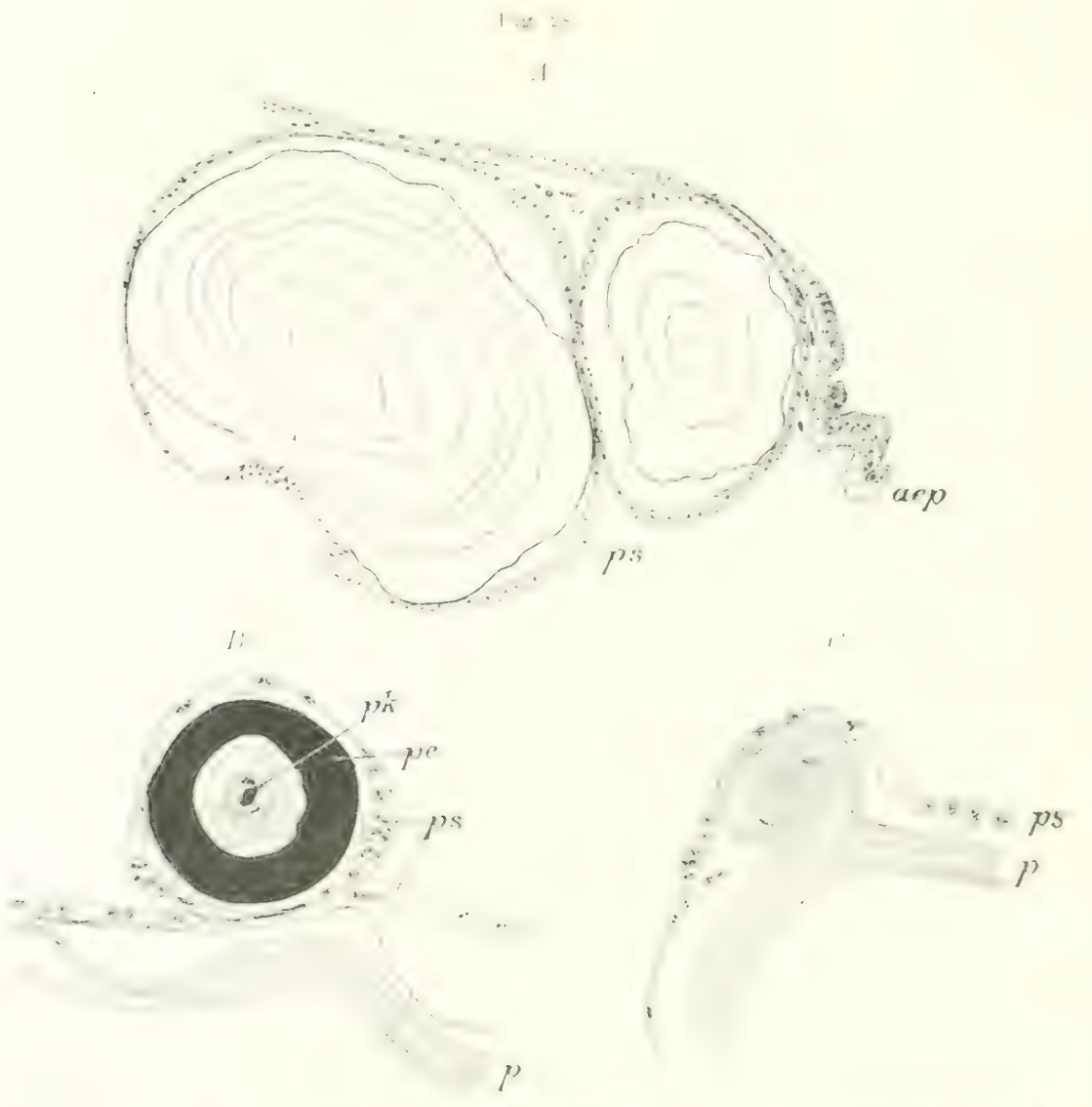
Sehr erwünscht und erfreulich wäre es, wenn sich die Perlenproduktion auf irgend eine Weise befördern ließe; darauf hat man begreiflicherweise schon früher sein Augenmerk gerichtet und abgesehen von dem in China und Japan geübten Verfahren des Hereinbringens fremder Gegenstände zwischen Schale und Mantel, sollte die von *Linné* angewandte Methode zur Erzeugung von Perlen auf künstlichem Wege führen (vgl. oben S. 121 u. 122). Im ganzen haben die Versuche zur Hervorbringung echter Perlen mit Unterstützung von Menschenhand bisher kaum zu recht erheblichen Resultaten geführt, insofern derartig erzeugten Perlen gegenüber den echten immer eine gewisse Unvollständigkeit anhaftet (vgl. S. 157). Leider muß man sagen, daß auch die neueren Ergebnisse über die Perlenbildung in bezug auf die

Fig. 27.

Perlmuschelschale mit überzogenem Fischchen an der Innenfläche. $^1/_3$ natürlicher Größe.

Erhöhung der Perlenproduktion bisher keine besonderen Erfolge brachten. Wenn bei den marinen Muscheln die Entstehung der Perlen wirklich der Hauptsache nach auf parasitische Wurmlarven zurückzuführen wäre, so müßte man die Infektion der Muscheln zu befördern und auf diesem Wege die Perlproduktion in ihnen zu heben suchen. Freilich ist dafür unsere Kenntnis des Vorgangs vorläufig noch eine zu unvollkommene und unsichere, um Aussicht auf Erfolg zu versprechen. Leider gilt dasselbe auch für die Süßwassermuscheln, bei denen es darauf ankäme, den Stoffwechsel des Tieres so zu beeinflussen, daß die Produktion der „gelben Körnchen" und damit vielleicht diejenige der Perlen erhöht würde.

Die Angaben, daß die Perlmuscheln bestimmter Lokalitäten mehr zur Perlproduktion neigten und ein reicheres Erträgnis lieferten als diejenigen an anderen Örtlichkeiten, sind im Licht der neueren Untersuchungsergebnisse ganz verständlich, denn es können an den betreffenden Örtlichkeiten Verhältnisse obwalten, welche den Stoffwechsel der Muschel in geeigneter Weise beeinflussen oder die Entwicklung der Parasiten begünstigen und in



A Zwei Perlsacke von *Margaritana*, dicht aneinanderliegend, *B* und *C* verschmelzende Perlen in Perlsacken. *A* 110mal, *B* 200mal, *C* 200mal vergrößert (nach *A. Rubbel*). *aep* Außenepithel des Mantels, *p* Perlen, *pe* Periostracum, *pk* Perlenkern, *ps* Perlsackepithel.

beiden Fällen die Perlproduktion befördern. Strömungsverhältnisse, die Beschaffenheit des Wassers und Untergrundes oder andere Faktoren, welche man dafür verantwortlich machte, können gewiß eine Rolle spielen. So gibt *Jameson* an, daß bei der von ihm daraufhin genau untersuchten Miesmuschel diejenigen Tiere, welche in Buchten und Landkanälen leben, die meisten Perlen hervorbringen; an diesen Örtlichkeiten würden Perlen in jeder Muschel angetroffen, allerdings mit Ausnahme derjenigen Tiere, welche sich an exponierten oder frei schwimmenden Gegenständen an-

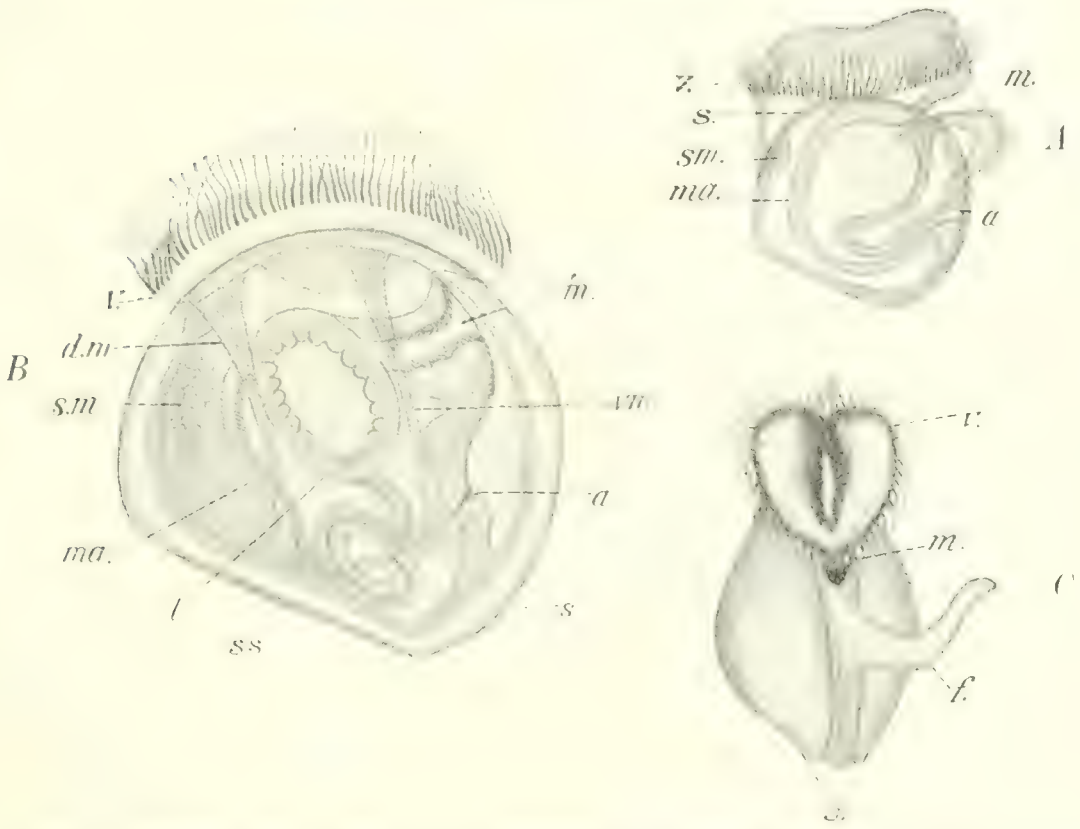
hefteten, die offenbar andere Bedingungen bieten, als sie auf festerem Grund vorhanden sind.

Bei der Perlengewinnung selbst hat man zwischen marinen und Süßwassermuscheln zu unterscheiden.

Marine Perlen.

Von der Verbreitung der Meeresperlmuscheln war eingangs schon die Rede. Innerhalb der dort genannten Verbreitungsgebiete richtet sich ihre Ausbreitung und Häufigkeit nach der Gunst oder Ungunst der Boden-

Fig. 29.



A und *B* Larven der Auster *(Ostrea)*, *C* von *Dreissensia* (mit ausgestrecktem Fuß), *a* After, *dm* Dorsalmuskel, *f* Fuß, *l* Leber, *m* Mund, *ma* Magen, *mu* Muskeln, *s* Schale, *sm* Schließmuskel, *ss* Schalenschloß, *v* Velum, *vm* Ventralmuskel.

verhältnisse, wonach sie vereinzelter oder in größeren Mengen nebeneinander, in Form sogenannter Muschelbänke, meist in Tiefen von etwa 25—40 *m* vorkommen. Natürlich sind die „Bänke" für die Ausbeutung besonders günstig und lohnend, wie dies von den indischen, besonders ceylonischen, japanischen, australischen Fundstätten, von denjenigen des Golfs von Persien und anderen bekannt ist.

Die geschlechtsreifen Muscheln bringen Eier hervor, aus denen sich, nachdem sie von der Mutter entlassen und befruchtet worden sind, frei schwimmende Larven entwickeln, die mit Hilfe ihrer Wimperung an der Oberfläche des Meeres eine Zeit lang herumschwimmen. Die Larven gleichen denen anderer Muscheln, welche wie sie mit dem flimmernden Lokomo-

tionsapparat, dem Velum, ausgerüstet, sowie mit einer zweiklappigen Schale, Schließmuskel, Darmkanal usw. versehen sind; die beigegebene Abbildung zeigt dies von einer noch frei schwimmenden Austernlarve (Fig. 29 *A* und *B*). Später bildet sich an der Bauchseite der Larve der Fuß heraus, der ziemlich weit hervorgestreckt werden kann (Fig. 29 *C* und 30 *A*). Nach einiger Zeit des Herumschwärmens setzen sich die Larven an irgend welchen im Meer schwimmenden Gegenständen, an Pflanzen, Holzstücken u. dgl., auch an Steinen fest. Die Abbildung Fig. 30 *B* zeigt eine große Zahl solcher unlängst fixierter Larven an einem Sargassum-Zweig, wie solche massenhaft im Meer flottieren. Später pflegen sich die Larven bzw. jungen Muscheln, die sie jetzt geworden sind, von der Unterlage wieder abzulösen und gelangen an den Grund, der für sie, wenn er etwas felsig oder steinig ist, besonders günstig erscheint; sie finden auf ihm besseren

A Junge ceylonesische Perlmuschel mit ausgestrecktem Fuß und *B* ein Sargassumzweig mit einer Menge daran sitzender junger Perlmuscheln (nach *Herdman*).

Halt als in sandigem Boden, von dem sie leicht überdeckt werden und dadurch zugrunde gehen. An der Unterlage fixiert sind die Muscheln nur während ihres jungen und mittleren Lebensalters mittelst der Fäden ihrer Byssusdrüse, dem am Fuß gelegenen Befestigungsapparat, der in entsprechender Weise auch anderen Muscheln zukommt. Später liegen sie einfach am Boden gewöhnlich mit der linken Schale nach unten. Ihre Lebensweise ist also nicht unähnlich derjenigen der Austern, mit denen sie auch eine gewisse äußere Ähnlichkeit haben. Wie diesen erwachsen ihnen aus der umgebenden Tierwelt manche Feinde, deren Angriffe nicht selten zu ihrer Vernichtung führen. Daß die nach oben gerichtete Schale von allen möglichen festsitzenden Tieren, wie Schwämmen, Polypen, Korallen, Röhrenwürmern und Seescheiden, überwachsen wird, würde weniger ausmachen, wenn nicht bohrende Spongien (Cliona), Ringelwürmer (Leucodora) und Weichtiere, z. B. Bohrmuscheln (Lithodomus) und Schnecken (Murex, Turbinella)

u. a. die Schale durchlöcherten und dadurch das Tier schließlich zugrunde richteten. Kleinere Schnecken wie Cerithium, welche zwischen die geöffneten Schalen gelangen, können ihren Schluß verhindern[1]), worauf andere Tiere, wie Einsiedlerkrebse, den Weichkörper der Muschel verzehren. Gefährliche Feinde der Perlmuschel- wie der Austernbänke sind auch die Seesterne, welche sich besonders von den jungen Muscheln nähren. Das gleiche gilt von verschiedenen Fischen, besonders Rochen (Trygon, Aëobatis) und andere Fische (Balistes, Tetrodon und anderen), deren festem Gebiß auch größere Perlmuscheln nicht widerstehen.

Eine gewisse Pflege und Schonung der marinen Perlmuscheln hat man schon seit langem insofern walten lassen, als man die Perlengründe nur in größeren Zwischenräumen befischte, sei es, daß man in bestimmten Gebieten das Fischen für gewisse Zeiträume ganz untersagte oder es nur in beschränktem Maße zuließ, sowie daß man gewisse Bezirke öfter, andere seltener befischen ließ, je nach der Ausbeute, die sich ergeben hatte, bzw. nach dem größeren oder geringeren Reichtum an Muscheln überhaupt. Es ist dies ein Brauch, der schon seit Jahrhunderten geübt wurde und sich aus der Praxis von selbst ergab, wenn man nicht die Perlfischerei ganz vernichten wollte. Da Perlen schon im grauen Altertum geschätzt und jedenfalls seit 2000—3000 Jahren danach gefischt wurde, so wären die Perlmuscheln trotz ihrer großen Verbreitung in den tropischen Meeren wenn nicht ausgerottet, so doch sehr stark verringert worden, was bei der starken Nachfrage nach echten Perlen und der hohen Schätzung, deren sie sich in allen Zeiten erfreuten, ohnedies bis zu einem gewissen Grade der Fall war. In dieser Beziehung bemüht man sich von seiten der Behörden, besonders der englischen Regierung in Ceylon, diesem altberühmten Perlfischereigebiet, die Perlfischerei nach Möglichkeit zu regeln und den kostbaren Tieren nicht nur Schutz zu gewähren, sondern auch für ihre Vermehrung zu sorgen, indem man ihre Lebensbedingungen möglichst genau erforscht. Die von dem englischen Zoologen *Herdman* erstatteten ausführlichen Berichte legen davon Zeugnis ab. Wenn man bedenkt, daß der allein aus der ceylonesischen Perlfischerei seit Erwerbung der Insel durch die Engländer, d. h. etwa seit Anfang des vorigen Jahrhunderts gezogene Ertrag auf mehr als 20 Millionen Mark geschätzt wird, so ist eine derartige Fürsorge sehr naheliegend und sollte in diesen Ländern eine noch weiter gehende sein. Nach neueren Nachrichten und wenn das, was man gelegentlich darüber liest, richtig ist, scheint es übrigens, als wenn in neuester Zeit trotz der angewandten, noch zu erwähnenden Vorsichtsmaßregeln die Perlenfischerei Ceylons stark zurückgegangen sei.

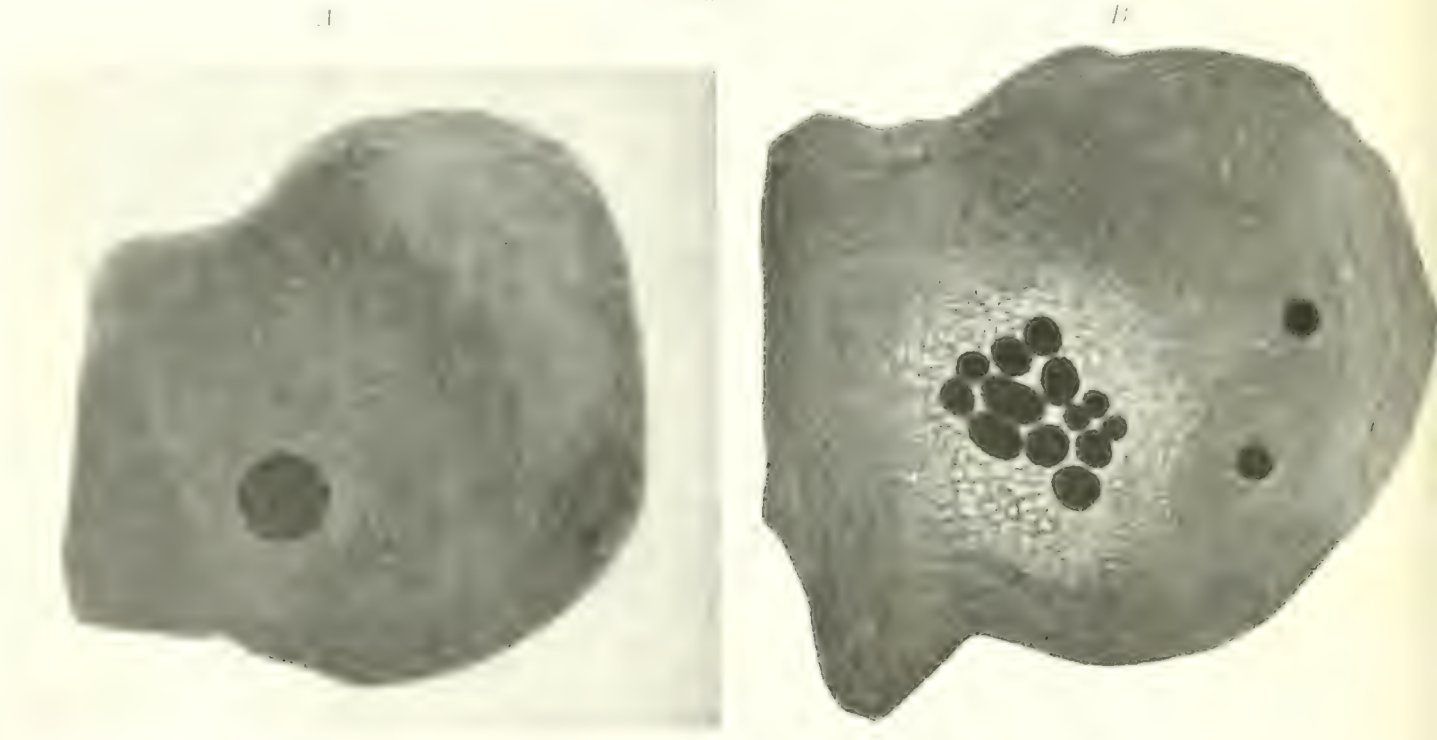
Die Perlfischerei vollzieht sich heute in Ceylon kaum viel anders, als dies schon vor Jahrtausenden der Fall gewesen sein mag und wird in den zahlreichen Büchern, die sich damit beschäftigen, ziemlich überein-

[1]) In dem Fall der in Fig. 25, S. 148, abgebildeten Steckmuschel ist freilich die Schnecke dabei schlecht weggekommen; von der Muschel aufgenommen wurde sie mit Perlmuttersubstanz überzogen und an der Schale festgekittet.

stimmend geschildert (*Kelaart, Möbius, Hessling, Dubois, Herdman, Seurat, Kunz* und *Stevenson* u. a.). Darin hat sich wie auch in anderen auf die Perlfischerei bezüglichen Dingen unter dem Wechsel der Regierungen, wie er zumal in Ceylon unter singalesischer Herrschaft und dann unter Portugiesen, Holländern und Engländern stattfand, keinerlei Wandel vollzogen: die Gebräuche sind auch jetzt noch die uralten geblieben, wie *Herdman* in seinem Bericht betont.

Zur Zeit der Perlfischerei, die vorher bekannt gegeben wird und die gewöhnlich wochenlang dauert, finden sich an den betreffenden Küsten Fischer, Taucher, Händler und andere direkt oder indirekt interessierte Leute in großer Menge ein, so daß zumal in früheren Zeiten bei diesen

Fig. 31



radiographisches Bild einer großen Perle in der Perlmuschel, *B* mit einer größeren Zahl von Perlen (nach *Dubois* 1909)

großen Menschenansammlungen und dem Mangel dafür geeigneter Einrichtungen der Drang nach Erwerb und Gewinn häufig zum Gegenteil, nämlich zum Verlust an Habe, Leib und Leben führte, indem unter den schlecht untergebrachten und ungenügend ernährten Leuten Krankheiten ausbrachen, welche durch die Ausdünstung der unachtsam weggeworfenen und verwesenden Muschelreste noch verschlimmert wurden, so daß die Menschenansammlung sich häufig ohne entsprechenden Gewinn des einzelnen wieder zerstreute.

Der Muschelfang geschieht von Booten aus, die sich den ganzen Tag über draußen befinden und mit Ruderern sowie solchen Leuten, welche diese abzulösen und die Muscheln in Empfang zu nehmen haben, gut besetzt sind. Die von Jugend auf eingeübten Taucher beschweren sich zur

Erleichterung des Hinabtauchens mit einem großen Stein; sie bleiben 2—3 Minuten oder noch kürzere Zeit, nur ganz selten bis zu 5 Minuten unter Wasser, in welcher Zeit sie, mit Taucherbrillen bewaffnet, oder ohne diese, so viel Muscheln wie möglich abzulösen und in ein Netz gesteckt herauf zu bringen suchen. Darauf beginnt das Tauchen von neuem und wird tags über fortgesetzt. Gegen Abend kehren die Fischer mit ihrer Beute zurück, die je nachdem abgeliefert oder sonst verwertet wird. Die Muscheln werden, nachdem sie sich infolge des Absterbens von selbst öffneten oder auch sofort auf Perlen untersucht, die Schalen, wenn es lohnt, zur weiteren Verwertung aufgehoben, die Weichteile ins Meer zurückgeworfen.

Natürlich wird sich die Fischerei und das sonstige Verfahren je nach den Verhältnissen an den betreffenden Küsten in gewisser Weise modifizieren, worüber man sich bei den obengenannten Schriftstellern unterrichten kann (*Hessling, Seurat, Kunz* und *Stevenson* und andere). Die Ausbeute bei den Fischzügen ist eine sehr verschiedene, ebenso wie die einzelnen Kampagnen recht verschiedene Erträge liefern. Die Zahl der dabei vernichteten Muscheln ist eine enorme, so sind im Jahre 1887 an der Küste von Ceylon durch 120 Boote in dem zum Fischen freigegebenen Monat etwa 31 Millionen, im Jahre 1891 etwa 44 Millionen Perlmuscheln gesammelt worden, die auf Perlen durchsucht und also der Vernichtung preisgegeben wurden. Um letzteres zu verhindern und die bei den bisherigen äußerst primitiven, altgewohnten Verfahren nicht vermeidbare enorme Vernichtungsziffer nach Möglichkeit herunter zu setzen, kam *Dubois* auf den naheliegenden Gedanken, das radiographische Verfahren auf die Perlmuscheln in Anwendung zu bringen und verwandte es zuerst (1901) bei Margaritana, später auch bei Margaritifera mit Erfolg (Fig. 31 *A*). Die sehr nützliche und im Interesse der Perlfischerei mit Freuden zu begrüßende Methode wurde dann von *J. Salomon* weiter entwickelt, der in Ceylon, d. h. auf der Insel Ipantivu mit Aufwand großer Mittel eine nur für die Prüfung der Perlmuscheln bestimmte radiographische Anstalt einrichtete. Die beigegebene, von *Dubois* (1909) übernommene Abbildung (Fig. 31 *B*) zeigt ein aus jener Anstalt hervorgegangenes radiographisches Bild einer ceylonesischen Perlmuschel mit einer ganzen Anzahl sehr deutlich zu erkennender Perlen darin. Muscheln, die keine oder nur kleine Perlen enthalten, können bei Anwendung dieses Verfahrens gerettet und ins Meer zurückgebracht werden.

Zucht der Perlmuscheln. Zur Förderung des Ertrags der Perlfischerei lag es nahe, die Perlmuscheln zu hegen und zu züchten oder ihnen irgendwie günstige Lebensbedingungen zu schaffen. Diese Versuche gehen schon ziemlich weit zurück, in Ceylon bis zu Anfang des vorigen Jahrhunderts, indem man größere Mengen von Perlmuscheln an besonders geeignete und geschützte Örtlichkeiten brachte. Dort wie anderswo hat man seine Sorgfalt besonders den jungen Muscheln zugewandt, sie in Aquarien und größeren Kisten gehalten, um sie später an möglichst ge-

schützten Orten im Meer auszusetzen. Solche Versuche sind an den indischen, australischen und amerikanischen Küsten, auf den ozeanischen Inseln, wie in Japan gemacht worden und haben auch zu einem gewissen Erfolg, d. h. zu etwas reicheren Erträgen an einzelnen Örtlichkeiten geführt, ohne daß diese freilich anscheinend besonders erhebliche waren. Es ist eben nicht leicht, im größeren Umfang, wie es für das Gedeihen der Perlmuscheln nötig ist, günstige Lebensbedingungen zu schaffen. Möglichster Schutz und Schonung der unter natürlichen Verhältnissen lebenden Muscheln dürfte immer noch das Günstigste sein, so lange jene Schutzvorrichtungen sich nicht im größeren Umfang herstellen lassen. Das Halten der Perlmuscheln in abgeschlossenen Tanks wie in den Austernparks scheint keine rechten Erfolge gehabt zu haben: den Muscheln fehlt es wohl an der genügenden Nahrung und überhaupt an den richtigen Lebensverhältnissen.

In Verbindung mit der weiter oben (S. 125 ff.) besprochenen Annahme von der Erzeugung der Perlen infolge der Infektion der Muscheln mit Parasiten hat man in Ceylon eine besondere Methode der Perlmuschelpflege angewandt, und zwar hauptsächlich aus dem Anlaß, daß der Ertrag der an der Westküste gelegenen, sonst sehr ergiebigen Perlmuschelbänke sich bei den Kampagnen der letzten Jahre als zu geringfügig erwies. Die englische Gesellschaft, an welche diese Bänke verpachtet sind, suchte die Ursache darin, daß Fische unter der Perlmutterbrut und den jungen Muscheln große Verheerungen anrichteten. Man setzte das hier alljährlich im Sommer stattfindende Fischen auf einige Jahre aus. Die Muscheln selbst suchte man aber dadurch zu schützen, daß man in zirka 1 *m* Höhe über dem felsigen Grund der Austernbank ein feines Drahtnetz anbrachte, welches den Fischen den Zugang zu den Muscheln verwehrt. Andrerseits war es im Hinblick auf das ebenfalls oben S. 130 erwähnte Verhältnis der Fische zu den vermutlich die Perlen hervorrufenden Parasiten erwünscht, jene in der Nähe zu haben. Dies suchte man dadurch zu erreichen, daß man durch einen mit einem Seewasserbassin versehenen Dampfer eine Menge von Fischen aller Art und Größe zusammenfangen ließ und sie in eine über jenem Schutznetz befestigte Drahteinzäumung brachte, aus der sie nicht entweichen können. Das den Boden des Fischzwingers bildende Schutznetz ist mit Öffnungen versehen, welche den kleineren Fischen den Durchtritt zur Muschelbank gestatten: hier nähren sie sich von jungen Muscheln, ohne allzu großen Schaden unter ihnen anzurichten. Mit den Muscheln nehmen sie auch die Parasiten auf und indem sie selbst wieder von den größeren Fischen gefressen werden, kommt der Parasit in diesen zur endgültigen Ausbildung, wie *Southwell*, der diese Anlage vorschlug, anzunehmen geneigt ist. Indem dann mit den Exkrementen der großen Fische die Jugendstadien durch das Schutznetz auf die Muschelbank gelangen, können sich diese von neuem infizieren und die Perlproduktion in ihnen soll dadurch eine Beförderung erfahren. Daß dies geschieht, ist zu wünschen, aber leider ist unsere Kenntnis der Parasiten selbst, wie ihres Entwicklungs- und Lebensganges und schließlich auch ihrer Beziehungen zur Perlen-

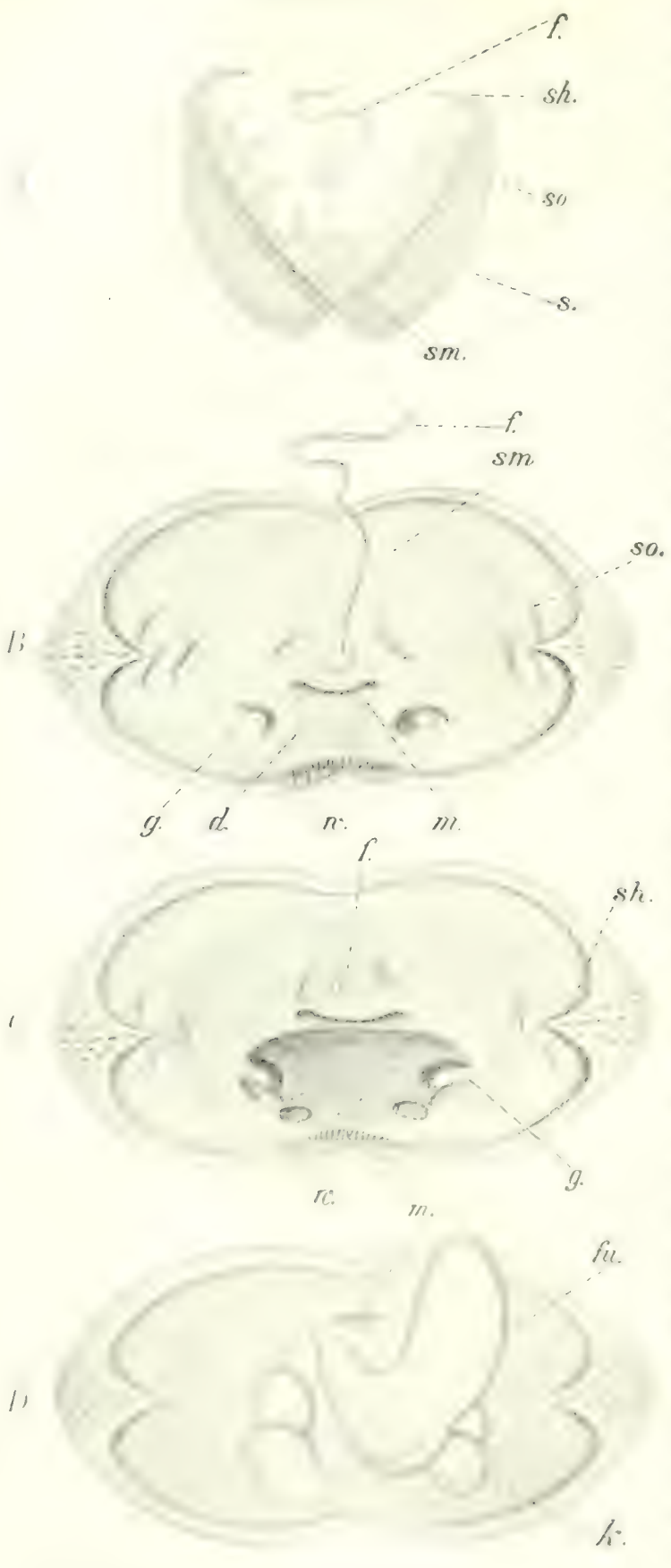
bildung in den Muscheln noch eine recht unsichere, um weit gehende Folgerungen daraus zu ziehen. Ob die hier getroffenen umständlichen und gewiß recht kostspieligen Maßregeln geeignet sind, die Perlenproduktion der Muscheln zu heben, muß vorläufig zum mindesten zweifelhaft erscheinen. Daß sie zur Hebung der Perlmuschelkultur beigetragen hätten, ist unseres Wissens nicht bekannt geworden. Freilich ist die seither verstrichene Zeit noch eine recht geringe, aber sehr groß scheint uns die Hoffnung infolge der früher mitgeteilten Anschauung über die Entstehungsweise der Perlen nicht zu sein.

In Verbindung mit der Perlmuschelzucht hat man besonders in Japan die Erzeugung von Perlen auf künstlichem Wege durch Einführung von Fremdkörpern, wie sie vorher schon mehrfach erwähnt wurde, wieder aufgenommen und dadurch anscheinend recht günstige Resultate erzielt, indem die auf diesem Wege hervorgebrachten, infolge des dabei verwandten Verfahrens meist halbkugelförmigen Perlen zum Teil recht gut ausfielen, einen schönen Glanz zeigten und unter annehmbaren Preisen zum Verkauf gebracht werden konnten. Nach dieser Richtung sind die von dem japanischen Zoologen *Mitsukuri* gemachten Angaben von Interesse. Auf seine Anregung wurde von einem Herrn *Mikimoto* in der Bai von Agu, die an der pacifischen Küste von Zentraljapan (Provinz Shima) liegt und Perlmuscheln in großer Zahl enthält, eine „Perlmuschelfarm“ angelegt, und zwar mit recht gutem Erfolg, wie es scheint. Die Bucht hat besonders günstige Küsten- und Bodenverhältnisse und ist sehr geschützt, so daß die Muscheln in dem durchschnittlich nur 6—13 *m* tiefen Wasser des etwa 400 Hektar umfassenden Gebietes gut gedeihen. Nach Möglichkeit hält man dabei die bis zu 3 Jahre alten und die älteren Muscheln in einem besonderen Bezirk, wo sie kontrolliert und vor Unbilden möglichst geschützt werden. Die ungefähr 5—6 *cm* im Durchmesser haltenden (nach den vorliegenden Angaben) dreijährigen Muscheln werden herausgefischt und durch Einführung geeigneter Gegenstände (vor allem kleiner Perlmutterkügelchen) für die künstliche Perlenbildung behandelt, was jährlich etwa mit 250.000—300.000 Stück geschieht. Dann werden die Muscheln sorgfältig wieder auf den Meeresgrund gebracht und 4 Jahre oder länger dort belassen. Nach dieser Zeit (also im ganzen nach 7—$7^1/_2$ Jahren) nimmt man die Muscheln wieder heraus, um sie auf die seitdem in ihnen entstandenen natürlichen und künstlichen Perlen zu untersuchen. Die „Kulturperlen“ sind freilich nur halbe oder reichlich halbe, d. h. ungefähr plankonvexe Perlen, aber von guter Form, Größe und gutem Lüster, so daß sie eigentlich über Erwarten schön ausfielen und sich gut verkaufen *(Mitsukuri)*. Die Anlage, in der über 100 Personen beschäftigt werden, scheint somit recht lohnend zu sein. Daß von einem Japaner ein besonderes Verfahren zur Erzeugung wertvoller Perlen aufgefunden sein soll, wurde bereits vorher (S. 122) erwähnt.

Süßwasserperlen.

Bei den Süßwassermuscheln gestaltet sich die Gewinnung der Perlen naturgemäß weit einfacher, da diese Muscheln viel leichter zu-

Fig. 32 *A*—*D*.



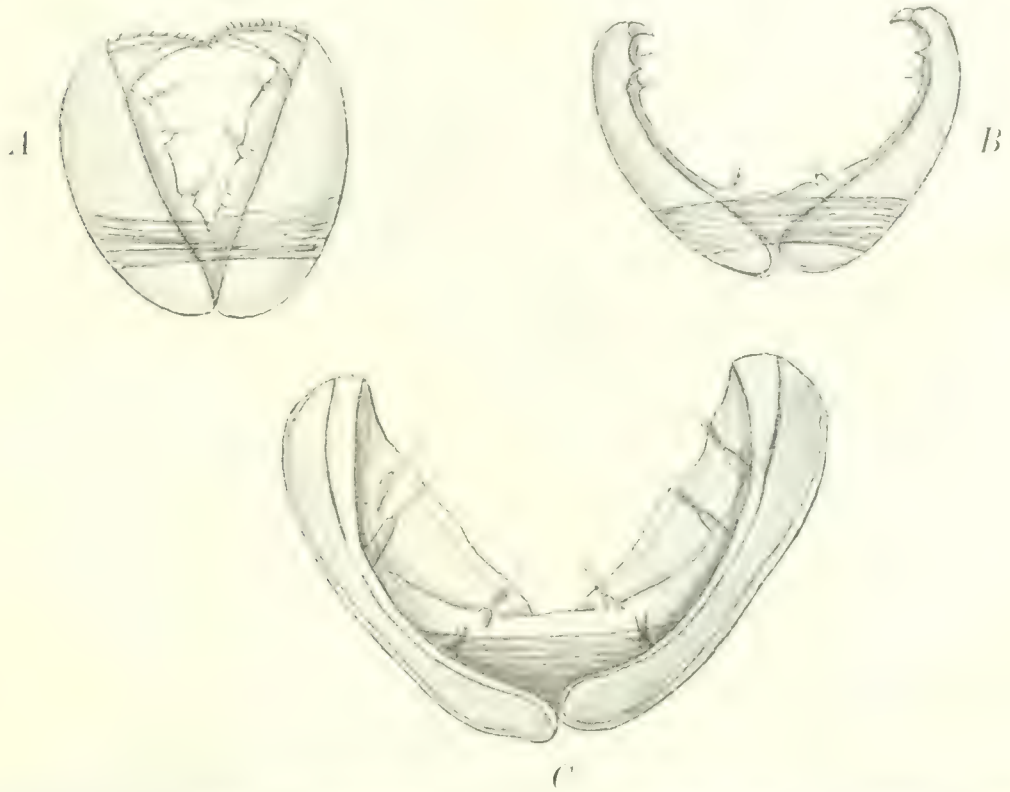
Glochidium von *Anodonta* im freien Zustand (*A*, *B*) und Umbildung zur jungen Muschel (*C*, *D*), in *D* mit Fuß versehen; *d* Darmanlage, *f* Larvenfaden, *fu* Fuß, *g* seitliche Gruben, *k* Kiemen, *m* Mund, *s* Schale, *sh* Schalenhaken, *sm* Schließmuskel, *so* Sinnesorgane, *w* Wimperfeld (nach *Schierholz*).

gänglich sind. Dadurch sind sie allerdings auch wieder leichter zu schädigen und der Vernichtung noch weit mehr ausgesetzt als die Meeresperlmuscheln, so daß ihr Bestand in den Kulturländern, zumal in denen mit fortschreitender Industrie sehr zurückgegangen ist. Für Europa kommt nur die Margaritana margaritifera in Betracht, die, wie schon eingangs erwähnt wurde, unter Umständen ebenso schöne und wertvolle Perlen wie die marinen Muscheln hervorbringen kann. In Deutschland sollen Einwohner des Voigtlandes durch zugereiste Venetianer auf die Fähigkeit der Muscheln, Perlen zu liefern, im 16. Jahrhundert aufmerksam gemacht worden sein und von da an oder doch bald nachher wurden die Flußperlmuscheln dort besonders im Gebiet der weißen Elster, wie auch an einigen der vorher (S. 115) genannten Bezirke Bayerns gehegt. Mit Vorliebe lebt die Flußperlmuschel in klaren Wasserläufen mit etwas steinigem oder doch sandigem Grund, wo sie einzeln oder zu größeren Gruppen, sogenannten Muschelbänken, vereinigt eine recht geruhige Lebensweise führt und den einmal eingenommenen Platz kaum erheblich wechselt, es sei

denn, daß besondere Verhältnisse des Nahrungserwerbs, der Wasserbeschaffenheit oder anderes sie dazu zwingen.

Im Hochsommer, gewöhnlich Ende Juli bis Ende August, legt die Muschel ihre Brut ab, die sogenannten Glochidienlarven, welche vorher im Kiemenraum der Mutter die Entwicklung erlangt hatten, die sie zum freien Leben befähigen. Die Glochidien besitzen eine zweiklappige Schale wie die jungen Muscheln, zeigen aber besondere Vorrichtungen für ihre weitere, sehr eigenartige Lebensweise. Dies sind Haken am freien Schalenrand, ein sehr starker Schließmuskel, besondere larvale Sinnesorgane und endlich ein sogenannter Larvenfaden (Fig. 32). Dies gilt

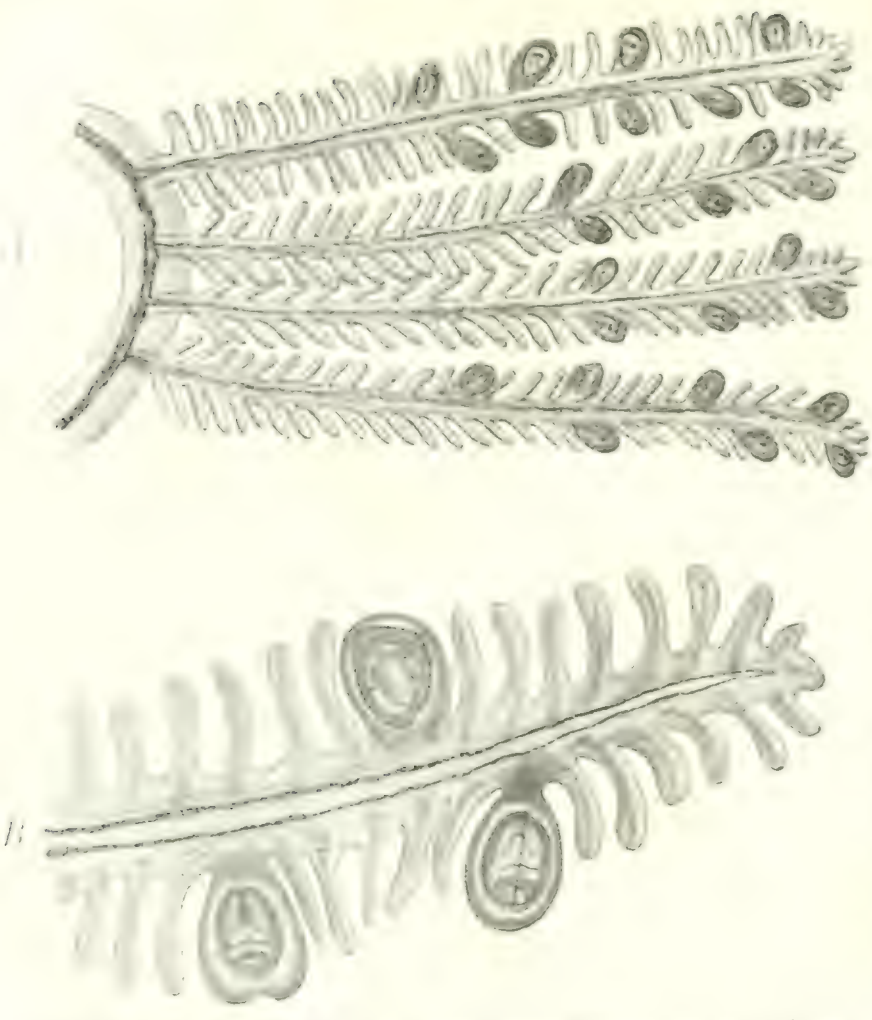
Fig. 33 *A—C*.



Glochidien amerikanischer Süßwassermuscheln, *A* von *Symphynota costata*, *B Lampsilis alata*, *C Lampsilis subrostrata* (nach *Lefevre* und *Curtis*).

hauptsächlich für die Larven der Muschelgattungen Anodonta und Unio, wie sich auch die Larven von Margaritana im ganzen so verhalten. Dagegen können die Larven anderer Gattungen in ihrer Gestalt und Ausstattung mit Larvenorganen von dem geschilderten Typus einigermaßen abweichen. Während bei manchen von ihnen die Larvenhaken besonders groß und kräftig sind (Fig. 32 u. 33 *A*), treten sie bei anderen mehr zurück (Fig. 33 *B*) oder fehlen ganz. Dies gilt z. B. für eine größere Zahl amerikanischer Gattungen (Plagiola, Pleurobema, Quadrula, für einige Arten von Lampsilis [Fig. 33 *C*] u. a.). Auch der für die Larven von Unio und Anodonta charakteristische Larvenfaden fehlt ihnen zum Teil. Eine eingehende Darstellung der verschiedenen Glochidienformen bezüglich ihrer Größe, Gestalt und Organisation im Hinblick auf die für den Para-

Fig. 34 *A—B*.



Glochidien an den Kiemen. *A* mehrere Kiemenblättchen mit zahlreichen Glochidien, *B* der freie Teil eines Kiemenblättchens mit 3 Glochidien der Margaritana (nach einem Präparat von *W. Harms*).

sitismus geeignete Ausrüstung haben ganz neuerdings *Lefevre* und *Curtis* für die amerikanischen Muscheln gegeben.

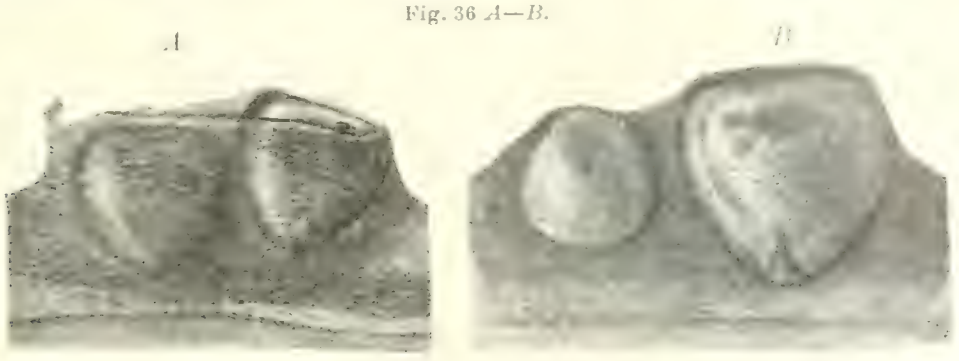
Wenn ein Larvenfaden vorhanden ist, wie bei unseren einheimischen Unioniden, verflechten sich nach Abgabe der Eier, beziehungsweise der Larven aus dem mütterlichen Körper ganze Gruppen von Glochidien zu kleinen Bällchen, die im Wasser schwimmen und mit Fischen in Berührung kommen müssen, an denen die Glochidien wie die Larven anderer Flußmuscheln schmarotzen, um ihre weitere Entwicklung durchmachen zu können (Fig. 34 u. 35). Die im Gegensatz zu den

Fig. 35 *A—B*.

A und *B* stark mit Glochidien der *Anodonta cataracta* besetzte Brustflossen des Karpfens (nach *Lefevre* und *Curtis*).

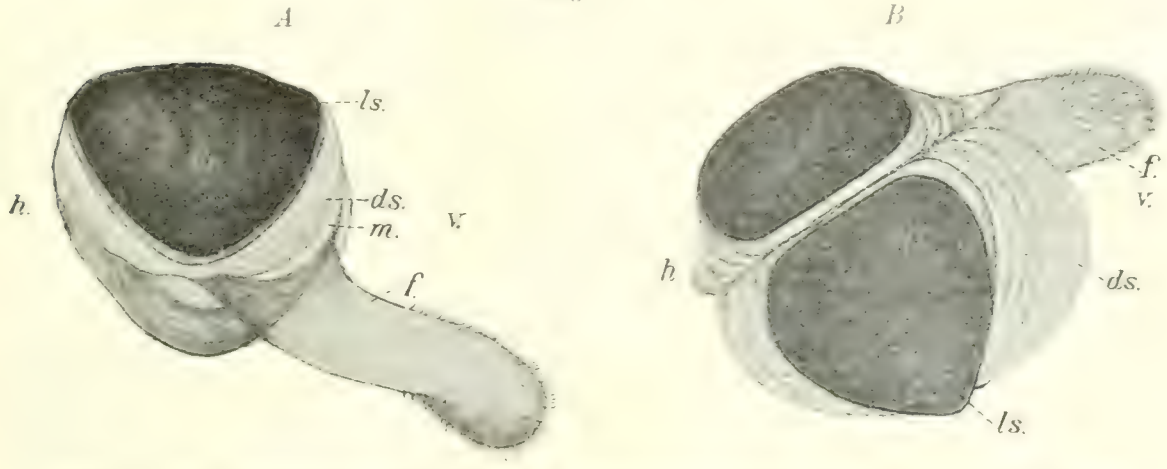
Larven anderer Süßwassermuscheln sehr kleinen Glochidien von Margaritana scheinen an den Kiemen verschiedener Flußfische, wie der Elritzen und Forellen, geeignete Lebensbedingungen zu finden (Fig. 34). Um die am Fischkörper festsitzende Larve bildet sich eine Cyste (Gewebshülle), worin das Glochidium seine Entwicklung zur jungen Muschel durchläuft (Fig. 36), um nach einigen Wochen die Hülle zu durchbrechen und als junge, mit langem, beweglichem Fuß versehene Muschel (Fig. 37 *A* u. *B*) abermals zu freiem

Fig. 36 *A*—*B*.



A Glochidien von *Anodonta cataracta* in der Cyste am Flossenrand, *B* kleineres hakenloses Glochidium von *Anodonta grandis* und größeres hakentragendes Glochidium von *Lampsilis rectus* (nach *Lefevre* und *Curtis*).

Fig. 37.



Junge *(A)* und ein wenig ältere Muschel *(B)* von *Anodonta* mit ausgestrecktem Fuß (nach *W. Harms*).

Leben zu gelangen und im Lauf der Jahre zur geschlechtsreifen Perlmuschel heranzuwachsen.[1])

Größere brauchbare Perlen finden sich bei ihr ebenfalls erst in älteren Muscheln; da das Wachstum der Muscheln ein verhältnismäßig

[1]) Da der kurz charakterisierte Entwicklungsgang der Flußperlmuschel in den Hauptzügen mit demjenigen anderer Süßwassermuscheln übereinstimmt, wie neuerdings von *W. Harms* festgestellt wurde, so konnten hier zu seiner Erläuterung die weit instruktiveren Bilder der gewöhnlichen Teichmuschel (Anodonta) und anderer Najaden herangezogen werden. Die betreffenden Vorgänge finden in den Arbeiten von *Schierholz*, *Faussek*, *Lillie*, *Harms*, *Lefevre* und *Curtis*, sowie in der demnächst (Zeitschr. f. wiss. Zoolog. 1913) zu veröffentlichenden Abhandlung von *C. Herbers* eine eingehende Darstellung. Über das Wachstum der Flußperlmuscheln und das von ihnen vermutlich zu erreichende Alter gedenkt *A. Rubbel* auf Grund eigener Beobachtungen im Zoolog. Anzeiger (1912) einige Mitteilungen zu machen.

langsames ist und sie, wie schon früher bemerkt, ein sehr hohes Alter erreichen sollen, so ist dies ein für ihre Erhaltung und Verbreitung ebenso wie ihr komplizierter Entwicklungsgang wenig günstiger Faktor. Dementsprechend ist dann auch der Ertrag, welchen die nach Möglichkeit gehegten Flußperlmuscheln brachten, in früheren Zeiten ein weit besserer gewesen als jetzt, wo Bäche und Flüsse durch die vordringende Kultivierung des Landes beeinflußt oder gar durch Abflußwässer verschiedenster Art verunreinigt werden. In Sachsen und Bayern beanspruchten die Fürsten die Perlenbäche, stellten diese unter besondere Aufsicht und regelten die Fischerei durch besondere Verordnungen. In gewissen Zwischenräumen wurden die Bäche abgefischt und die Erträge an die Hofhaltungen abgeliefert, wovon die Schatzkammern in Dresden und München noch jetzt Zeugnis ablegen. Im Dresdner Grünen Gewölbe befinden sich eine aus 177 großen und schönen Elsternperlen bestehende, auf 27.000 Mark abgeschätzte Halskette, wie auch manches andere damit verzierte Schmuckstück, Gefäß etc. Der in den Jahren 1830—1878 aus der sächsischen Perlfischerei gewonnene Erlös hat übrigens nur 30.000 Mk. betragen, dürfte aber wohl in früheren Jahren, als die Perlenbäche noch weniger ausgebeutet waren, größer gewesen sein. Aber wenn auch nach der von *Jahn* und *Hessling* über die sächsische und bayrische Perlenfischerei gegebenen ausführlichen Darstellung die Erträge nie besonders hoch waren, so lohnten sie doch immerhin und war es nicht der Fall, so legte man jedenfalls Wert darauf, die kostbaren Juwelen im eigenen Lande zu gewinnen.

Für die Perlengewinnung wäre es gewiß sehr erwünscht, ohne Schädigung der Muscheln erkennen zu können, ob sie größere Perlen enthalten. Bei dem an und für sich nicht erheblichen Gewinn wird sich die für die marinen Muscheln erwähnte Durchleuchtung kaum mit Vorteil anwenden lassen, wenn nicht der ganze Betrieb mehr aus Liebhaberei geschieht. Dagegen ist von den mit der Perlfischerei Beschäftigten immer wieder behauptet worden, bei der Flußperlmuschel ließe sich das Vorhandensein größerer Perlen schon äußerlich an der Schale erkennen, sei es, daß ein oder mehrere Streifen, der sogenannte Faden der Fischer oder statt dieser Striemen, eine Art Rinne etwa in der Mitte der Schale quer über diese bis zum Rand verliefe. Auch eine buckelartige Erhebung am Ende der Schale oder ein Hinüberkrümmen der einen Schale über die andere am schmalen Ende, sowie ein Einschnitt am freien Schalenrande soll auf das Vorhandensein von Perlen hindeuten. Alles dieses klingt recht problematisch, aber immerhin ist es denkbar, daß das Vorhandensein und weitere Wachstum größerer Perlen dasjenige der Schale beeinflussen und in gewisser Weise auf die Schalenform verändernd einwirken könnte.

Für gewöhnlich wird die Untersuchung, um die Muschel zu schonen, mittelst eines zangenartigen Instrumentes vorgenommen, das zwischen die Schalenränder geschoben wird und diese bei einem darauf geübten Druck um 1—1½ *cm* zum Klaffen bringt, wodurch das Vorhandensein oder die Abwesenheit größerer Perlen festgestellt und die Muschel gleichzeitig am

Leben erhalten werden kann, um sie nachher wieder in den Bach zurückzubringen. Sie scheint dadurch keine besondere Schädigung zu erleiden und weiter zu leben, wie auch neuerdings von *Carl* für die von ihm beschriebenen Perlmuscheln angegeben wird. Die ganze Form des Tieres ermöglicht ein solches Verfahren, das wohl in ähnlicher Weise bei den Süßwassermuscheln anderer Länder angewandt wird, wie aus den Versuchen zur Erzeugung von Perlen auf künstlichem Wege hervorgeht. Um diese gleich zu erwähnen, so bestehen sie im Einführen von Fremdkörpern, besonders der mehrfach erwähnten Buddhabildchen zwischen Mantel und Schale, mit welcher letzteren sie dann verwachsen (Fig. 8, *A*–*C*) oder aber im Anbohren der Schale und Einführen geeigneter Gegenstände. Beide Verfahren sind (meist mit recht geringem Erfolg) an europäischen Flußperlmuscheln, an denen Ostasiens hingegen mit recht schönen Ergebnissen ausgeführt worden. In dieser Beziehung kann auf das schon früher (S. 121 und 157) Mitgeteilte verwiesen werden.

In den übrigen europäischen Ländern (Frankreich, Großbritannien, Skandinavien, Rußland) scheinen die Verhältnisse im ganzen ähnlich zu liegen, d. h. die natürliche Ausbreitung der Flußperlmuscheln scheint im Laufe der Jahrhunderte eingeschränkt und ihr Individuenreichtum verringert worden zu sein, so daß die Erträgnisse in früherer Zeit weit besser waren, als sie heutzutage sind. Günstiger liegen die Verhältnisse offenbar in Ostasien und Amerika, wo die Wasserläufe, welche die Muscheln beherbergen, durch kulturelle Einflüsse weniger gestört, vielleicht auch noch nicht so ausgebeutet sind. Die dort vorkommenden größeren Unioniden-Arten liefern zum Teil recht wertvolle Perlen, die sich bei den amerikanischen Formen durch verschiedenartige Färbung auszeichnen.

Wie bei den marinen ist man auch bei den Süßwasserperlmuscheln bemüht, durch Schaffung geeigneter Lebensbedingungen für ihre weitere Ausbreitung zu sorgen und ihre Ertragsfähigkeit zu heben. Ob dies in den Kulturländern gelingen wird, muß bei den hier obwaltenden Verhältnissen einigermaßen zweifelhaft erscheinen.

Perlen von Schnecken.

Um die Perlengewinnung nicht ausschließlich von den freilich bei weitem wichtigsten Hauptlieferanten, den Zweischalern (Muscheln), zu schildern, sei noch ein allerdings nur in recht geringem Maße in Betracht kommender „Einschaler", d. h. eine Schnecke (Bauchfüßer oder Gastropod) herangezogen, nämlich die Gattung Haliotis. Verschiedene Arten der Gattung Haliotis, die an den europäischen, asiatischen, australischen und amerikanischen Küsten verbreitet sind, zeichnen sich vor einander durch besonders schöne Färbung ihrer inneren Schalenfläche aus und sind daher für die Perlenproduktion in verschiedener Weise geeignet; besonders bekannt dafür sind die japanischen und kalifornischen Arten, von welchen letzteren die Haliotis splendens recht voluminöse Perlen von 2—3 *cm* Durchmesser hervorbringt. Die Haliotisperlen sind durch grün- oder blau-

metallische Färbung ausgezeichnet, entsprechend der blaugrün irisierenden Perlmutterschicht der Schale. Diese letztere wird selbst als Schmuck- oder Gebrauchsgegenstand bearbeitet; bekannt sind die in verschiedener Weise verzierten oder mit Stativen versehenen Schmuckschalen u. dgl.

Die Perlbildung bei Haliotis ist auch deshalb von Interesse, weil sie wie bei den Muscheln auf künstlichem Wege versucht wurde, und zwar von dem französischen Forscher Boutan auf die Weise, daß er durch Anbohren der Schale eine Öffnung herstellte, durch welche er Kügelchen von Perlmuttersubstanz in den Mantel des Tieres einführte, ebenso wie er solche direkt in die Mantelhöhle brachte. Im Verlauf einiger Monate überzogen sie sich mit einer irisierenden Perlmutterschicht, welche der natürlichen glich, so daß auf diese Weise wirkliche, wenn auch freilich zumeist etwas unregelmäßig geformte Perlen erzielt wurden.

II. Verwendung und Verwertung der Perlen, Perlenindustrie.

Schätzung und Wert.

Nach Gewinnung der Perlen werden sie zunächst gereinigt, d. h. die vom Tier her noch an ihnen haftenden Unreinlichkeiten mit Salzwasser abgewaschen, darauf getrocknet und sortiert. Beim Sortieren handelt es sich einmal um die Größe und sodann um die regelmäßige Ausbildung, sowie um Glanz und Farbe der Perlen. Die Sonderung nach der Größe geschieht durch übereinander gestellte, verschieden weite Siebe die in bestimmter Weise numeriert sind; in Ceylon tragen die 10 Siebe die Zahlen 20, 30, 50, 80, 100, 200, 400, 600, 800 und 1000. Das weiteste Sieb (20) liegt oben, das engste (1000) unten; so bleiben die Perlen von den verschiedenen Größen zurück und durch das unterste fallen nur noch die sehr kleinen Saat- oder Samenperlen hindurch. Diese Methode wird jedenfalls seit den ältesten Zeiten angewandt und *Herdman* (1906) beschreibt sie nach *Cordiner* (Description of Ceylon, London 1807) aus der ersten englischen Zeit Ceylons. Letzterer sah damals die Methode auf die Ausbeutung von 17.000 Perlmuscheln angewendet, welche nur $^3/_4$ Pfund wog und in einem Gefäß untergebracht war, kleiner als ein gewöhnlicher Suppenteller, darunter waren kaum 2 gute Perlen der 1. oder 2. Ordnung; die größeren Perlen, welche in ziemlicher Zahl (20—30) zurückblieben, waren von unregelmäßiger Gestalt und somit weniger wertvoll. Die in den Sieben Nr. 20—80 enthaltenen Perlen werden, wenn regelmäßig geformt und von gutem Glanz, zur 1. Klasse gerechnet und mit dem Namen „Mell" belegt, die von Nr. 100—1000 gehören zur 2. Klasse und heißen „Vadivu". Die Perlen beider Klassen werden nach Form, Glanz und Färbung nach dem Gebrauch des Handels und dem Geschmack der zu den verschiedensten Nationen gehörigen Abnehmer wieder unter sich geschieden. In Ceylon nennt man die großen kugelrunden Perlen mit brillantem Lüster: 1. Annis, 2. die Annadari sind von ungefähr derselben, aber doch etwas

geringerer Qualität. Außerdem unterscheidet man noch 3. Kayerel, 4. Samadiem, 5. Kallipu, das sind kleinere, noch schön gefärbte, aber vielleicht schon nicht mehr ganz runde, etwas abgeplattete oder birnförmige Perlen. Drei weitere Sorten: 6. Kurwel, 7. Pesul und 8. Tul, die kleinen Saatperlen, schließen sich an.

Mancherlei andere Bezeichnungen sind noch im Perlhandel gebräuchlich, worüber *Herdman* weitere Mitteilungen macht; hier konnte nur darauf hingedeutet werden, ebenso wie auf die Schätzung und den Wert der Perlen nicht näher eingegangen werden kann. Dieser richtet sich nach sehr verschiedenen Dingen und kann weder nach der Größe, noch dem Gewicht (Gran und Karat) allein bestimmt werden, denn nach dem vorher Mitgeteilten ist es selbstverständlich, daß Perlen von geringerem Umfang aber schönerem Glanz und Lüster weit wertvoller als größere sein können, denen diese geschätzten Eigenschaften in geringerem Maße zukommen. Aber noch andere Dinge spielen im Handel bei der Schätzung der Perlen eine Rolle, so pflegen zwei in Größe, Färbung und Glanz ganz gleiche Perlen einen verhältnismäßig weit höheren Preis zu erzielen, als dies bei einer von ihnen der Fall wäre. Ähnlich verhält es sich mit einer größeren Anzahl in allen Eigenschaften gut zu einander passender Perlen, die sich zu einem Kollier oder einem anderen Schmuckstück in geeigneter Weise verarbeiten lassen. Ferner hängt der Preis zum Teil auch mit von der Mode ab, je nachdem etwa gewisse Färbungen oder auch Formen vor anderen bevorzugt werden. Daß edle Perlen von bedeutender Größe und herrlichem Glanz seit altersher mit enormen Preisen bewertet wurden und noch werden, bedarf kaum der besonderen Erwähnung. Einzelne Perlen von besonderer Schönheit wie die berühmte Perle der Cleopatra, welche nachher zum Schmuck der Venusstatue in dem neu erbauten Pantheon in Rom diente, oder andere aus dem Altertum oder Mittelalter bekannt gewordene Perlen, die sich zumeist im Besitz von Regierenden befanden oder auch zum Schmuck der Heiligenbilder verwendet wurden, erfreuten sich großer Berühmtheit und die einzelnen hervorragenden Stücke wurden auf Hunderttausende bewertet. Das Schicksal einzelner dieser berühmt gewordenen Perlen kann wie dasjenige wertvoller Edelsteine durch ziemlich lange Zeiträume verfolgt werden, worüber man (nebst Beschreibung und Schätzung bekannter Perlen) bei *Möbius*, *Hessling*, *Kunz-Stevenson* und anderen Autoren weiteres berichtet findet. Die für besonders große und schöne Stücke gezahlten hohen Preise beruhen auf Schätzungswert und sind durch gewisse Eigenschaften jener Perlen bedingt, welche sie in Umfang, Form und Glanz vor anderen auszeichnen. Bei den großen edlen Perlen, wie sie sich im Handel finden, ergibt sich der Preis, wenn nicht Besonderheiten vorliegen, die sie noch wertvoller machen, aus einer alten Regel: Um den Preis einer solchen großen Perle zu bestimmen, nimmt man denjenigen einer einkaratigen Perle von gleicher Beschaffenheit (Form, Farbe, Glanz etc.) gewissermaßen als Einheit an, multipliziert ihn mit dem Quadrat des Gewichtes der großen Perle und das Produkt noch mit der

Zahl 8. Angenommen, die einkaratige Perle hätte den Wert von 3 Mk., so berechnete sich eine fünfkaratige von gleicher Beschaffenheit auf:

$$3 . 5 . 5 . 8 = 3 . 25 . 8 = 75 . 8 = 600 \text{ Mk.}$$

oder eine zehnkaratige auf:

$$3 . 10 . 10 . 8 = 3 . 100 . 8 = 300 . 8 = 2400 \text{ Mk.}$$

eine zwanzigkaratige auf:

$$3 . 20 . 20 . 8 = 3 . 400 . 8 = 1200 . 8 = 9600 \text{ Mk.}$$

Der Preis erhöht sich also mit Gewicht und entsprechender Größenzunahme sehr bedeutend, wozu dann freilich zumal bei größeren edlen Perlen noch die genannten Schätzungswerte, das paarweise oder in größerer Zahl Zueinanderpassen und anderes hinzukommen.

Verarbeitung.

Die eigentliche Verwertung der Perlen, d. h. ihre Verwendung zu Schmuckgegenständen, Zierraten usw. gehört nicht in den Rahmen dieses

Fig. 38.

Barockfigürchen aus dem Grünen Gewölbe in Dresden.

Artikels. Daß schöne Perlen neben Edelsteinen von jeher zu den wertvollsten Schmuckstücken zählten und bei höchsten Festlichkeiten, wie

in den Kronen und Diademen der Fürsten aller Länder und Zeiten, ebenso wie bei der Gottesverehrung alter und neuer Kulturvölker Verwendung fanden, ist eine altbekannte Tatsache. Schöne und wertvolle, dem profanen Gebrauch und der Heiligenverehrung gewidmete Schmuckstücke findet man ebenfalls in dem schon mehrfach erwähnten, reich ausgestatteten Buch von *Kunz* und *Stevenson* in größerer Anzahl beschrieben und abgebildet. Zumeist handelt es sich dabei um weiße, regelmäßig geformte Perlen von schönstem Glanz und großem Umfang, doch hat man auch unregelmäßig geformte, zumal größere und irgendwie auffallend gestaltete Perlen zur Verarbeitung bei Schmuckgegenständen verwertet. Wie dies auch jetzt noch geschieht, und man solche Schmuckstücke als Broschen oder dgl. in Form von Tieren, Blüten oder ähnlichem hergestellt findet, so hatte man an derartigen, zuweilen recht hübschen und zierlichen, häufig aber recht barocken Dingen eine besondere Freude in der Zeit des Rokoko zu Ausgang des 17. und Anfang bis Mitte des 18. Jahrhunderts. Die mannigfachen, von *Dinglinger* und anderen Künstlern auf diesem Gebiet herrührenden Barockfigürchen, wie sie sich in der reichen Sammlung des Grünen Gewölbes in Dresden, im Wiener Kronschatz, in Paris im Louvre, im Londoner British Museum, in Kopenhagen im Rosenbergpalast und in der Schatzkammer des Marcusdomes in Venedig finden, zeigen die Verwertung dieser unregelmäßig geformten Perlen und perlartiger Bildungen in verschiedenster Richtung. Menschen und Tierfiguren sind unter Benützung der „Perlen“ als Körper, Kopf und Giedmaßen, mittelst Verarbeitung durch Gold und emailliertem Gold hergestellt, häufig mit der Absicht einer humoristischen Wirkung, wie die in Fig. 38 und 39 abgebildeten, im Grünen Gewölbe befindlichen drei Barockfigürchen zeigen. Bei allen dreien besteht vor allem der Körper aus einer perlartigen Bildung, bei dem Männchen mit der Traube auch die Gliedmaßen und der Körper des Hundes; die Traube ist ein Konglomerat verwachsener Perlen, wie man es häufig findet. Inwieweit es sich hierbei um wirkliche Perlen, Schalenperlen oder bloße Schalenwucherungen handelt, ist insofern schwer zu sagen, als größere Partien der Perlen durch Anbringen von in Metall

Fig. 39.

Barockfigürchen aus dem Grünen Gewölbe in Dresden.

gehaltenen Gewändern oder dgl. verdeckt sind und die Vermutung nahe liegt, daß an diesen Stellen größere Defekte der „Perlen" vorhanden waren, an denen früher die Verbindung mit der Muschelschale stattfand.

Um zu zeigen, welchen Umfang die „Barockperlen" erlangen können, sei hier in natürlicher Größe die Abbildung einer Perle hinzugefügt (Fig. 40, *A* und *B*), welche Herr Prof. *Klunzinger*-Stuttgart am Roten Meer von einem Eingeborenen erwarb. Das einen schönen Perlenglanz zeigende 43 *mm* lange, 29 *mm* breite Stück ist im ganzen Umfang gut ausgebildet und nur an einer Stelle besteht der Verdacht einer hier vorhanden gewesenen Verbindung mit der Schale, doch ist diese Stelle nur eine sehr beschränkte. Inwieweit es sich dabei um eine Schalenwucherung oder um eine sehr große, mit der Schale erst wenig verbundene Schalenperle handelt, soll hier unerörtert

Fig. 40

Brosche mit einer großen runden Barockperle und einer kleineren langgestreckten weißen Perle, von zwei Seiten abgebildet.

bleiben. Die Perle ist zusammen mit einer länglichen, den früher erwähnten Hundszahnperlen ähnlichen (Fig. 21, S. 143) eigentümliche längsverlaufende, leistenartige Erhebungen und entsprechende Vertiefungen zeigenden Perle zu einer Brosche gefaßt, wie die beiden beigegebenen Abbildungen (Fig. 40, *A* und *B*) zeigen.[1]) Etwas genauer soll auf das interessante Stück bei anderer Gelegenheit eingegangen werden.

Hier seien zur weiteren Erläuterung der Barockperlen die Abbildungen zweier Perlen beigefügt, von denen die eine (Fig. 41, *A* und *B*) bei abgeplatteter, plankonvexer Form in der größten Länge 22·3 *mm*, in der

[1]) Für die freundliche Überlassung des merkwürdigen und auffallenden Schmuckstückes zur Beschreibung und Darstellung sei Herrn und Frau Prof. *Klunzinger* auch an dieser Stelle bestens gedankt.

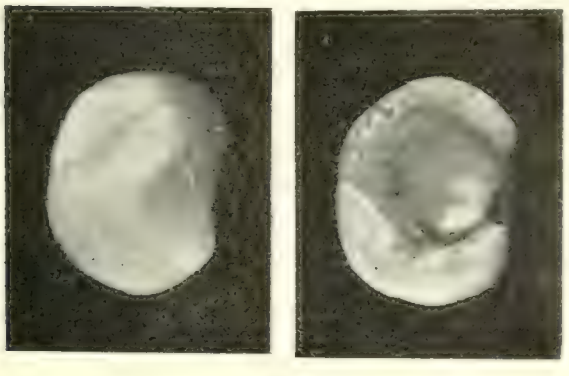
größten Breite 17 *mm* mißt und mit den aus den Figuren zu erkennenden Unregelmäßigkeiten (Erhebungen und Einsenkungen) behaftet war. Das zumal an der konvexen Seite schön weißen Perlenglanz zeigende Stück wog $28^1/_4$ Karat und stand mit 450 Mk. zum Verkauf. Das andere in Fig. 42, *A* und *B* abgebildete Stück ist von sehr unregelmäßiger Gestalt, hauptsächlich in zwei Schenkeln entwickelt, aber auch im übrigen mit Erhebungen, Vertiefungen und Einschnürungen versehen. Die schön gefärbte, über die ganze Fläche mit gleichem Glanz versehene Panamaperle hat einen Stich ins Bleigraue; Länge der Schenkel von einer zur anderen Spitze 24·5 und 26 *mm*, größte Dicke 10 *mm*; ihr Gewicht betrug $14^1/_2$ Karat. Ihr Handelswert 150 Mk.

* * *

Die Bearbeitung der Perlen, damit sie zum Gebrauch verwertet werden können, erfordert viel Geschick und Kunstfertigkeit. Da es sich

Fig. 41.

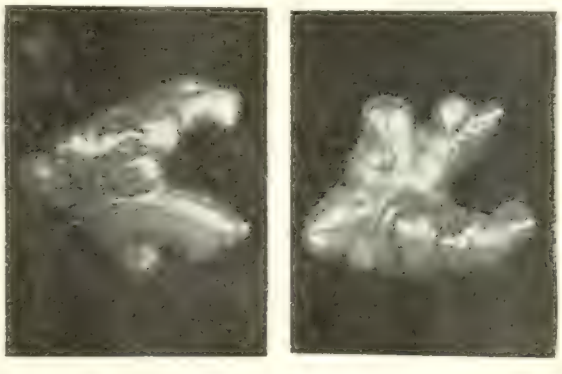
A *B*



Eine Barockperle in zwei verschiedenen Ansichten.

Fig. 42.

A *B*



Sehr unregelmäßig gestaltete Barockperle in der Ansicht von oben und unten.

häufig um sehr wertvolle Objekte handelt, deren Schädigung bei der Bearbeitung mit großen Verlusten verbunden sein kann, so werden besonders geübte Arbeiter dabei verwendet. Die runde Form der Perlen und die Art, wie sie häufig getragen werden, nämlich in Form von Ketten und Schnüren, bringt es mit sich, daß sie bei der Bearbeitung verletzt, vor allen Dingen angebohrt werden müssen. Dies geschah früher auf sehr mühsame und zeitraubende Weise mit der Hand und mit besonders dafür hergestellten Bohrern, bei welchem Verfahren höchstens 40—50 Stück täglich bewältigt werden konnten, während es jetzt möglich ist, mit einer dafür konstruierten Maschine sicherer und weit schneller zu arbeiten, so daß 1500 Perlen am Tage gebohrt werden können. Es ist klar, daß die Öffnungen so klein wie möglich hergestellt werden, damit die Perle möglichst wenig an Gewicht und Ansehen verliert; zum Anbringen der Öffnungen werden nach Möglichkeit solche Stellen ausgesucht, an denen die Perlen Fehler zeigen, weshalb beide Öffnungen nicht immer einander gegenüber liegen, sondern ein geschickter Bohrer den Kanal so zu diri-

gieren versteht, daß er an einer die Perle am wenigsten beeinträchtigenden Stelle austritt. Die Bohrung größerer Perlen wird mit Vorliebe von beiden Seiten her vorgenommen, wobei sich das Zusammentreffen beider Kanäle mit Sicherheit erreichen läßt. Besondere Vorsicht ist geboten, wenn der Bohrer ziemlich an den Mittelpunkt gelangt ist, weil erfahrungsgemäß ein festerer Kern das Brechen des Bohres oder Zerspringen der Perle veranlassen kann.[1]) Über die beim Bohren zu beobachtenden Vorsichtsmaßregeln, wie über das dabei in früheren Zeiten und jetzt angewandte Verfahren sowie die dabei verwendeten Werkzeuge machen *Kunz* und *Stevenson* eingehendere Mitteilungen. Dort findet man auch Angaben über das Aufreihen und die weitere Behandlung der Perlen zur Verarbeitung für die verschiedenen Schmuckgegenstände, worauf hier nicht eingegangen werden kann.

Ausbessern, Pflege, Haltbarkeit, Wiederherstellung erblindeter Perlen.

Schädigungen, welche die Perlen bei der Bearbeitung oder sonstwie erfuhren, lassen sich bis zu einem gewissen Grade von geübter Hand wieder ausbessern. Übrigens legen in dieser Beziehung schon die mit der Perlgewinnung und dem Perlhandel beschäftigten Leute (Chinesen, Singhalesen, Indier u. a.) häufig ein großes Geschick an den Tag, nicht ganz vollkommene oder irgendwie beschädigte Perlen in ihrem eigenen Interesse und um den Wert der Stücke zu erhöhen, durch Anwendung geeigneter Mittel zu verbessern. Beim Öffnen der Perlmuscheln kann es vorkommen, daß die Perlen verletzt werden oder sie zeigen andere Schädigungen, Rauhigkeiten, unschöne Erhebungen und Vertiefungen, glanzlose Stellen oder was es sonst sei. Mittelst sehr feiner Messer und Feilen sowie unter Anwendung eines durch Zerreiben von Perlen oder Perlmutter gewonnenen Pulvers, das auf Leder- oder Zeuglappen gebracht wird, läßt sich manches an den Perlen verbessern. Die Hauptsache ist jedoch das sogenannte Schälen der Perlen, welches in dem, mit jenen einfachen Werkzeugen ausgeführten Abheben der äußeren Schichten und Glätten bzw. Entfernen noch anhängender Reste besteht. Es wird mit Vorteil auch bei den schon getragenen Perlen angewendet, welche auf mechanischem Wege, durch Berühren mit Säuren oder dgl. irgend welche Schädigungen erlitten; die betreffenden Perlenarbeiter eignen sich darin eine große Fertigkeit an. Durch langes Liegen oder aus irgend welchen

[1]) In diesem Falle wäre also zu vermuten, daß der Ausgangspunkt der betreffenden Perle ein mineralischer Bestandteil gewesen sei, denn weder bei Parasiten, noch bei jenen oben geschilderten Körnchen als Ausgangspunkt liegt ein Grund für die größere Härte des Zentrums vor, wenn man nicht annehmen will, daß gegen die Mitte hin ganz besonders feste, ihr selbst zugehörige (etwa Prismen-) Schichten vorhanden seien.

anderen Ursachen glanzlos gewordene Perlen können durch geschicktes Entfernen der äußeren Schichten wieder neuen Glanz gewinnen, ohne daß ihr Umfang und Gewicht wesentlich vermindert wird. Dabei kommt es sehr darauf an, daß die Prozedur in richtiger Weise vorgenommen wird; die betreffenden Bearbeiter scheinen darin, daß nicht zu viel entfernt und doch die rechte Schicht für die Herstellung der neuen Oberfläche getroffen wird, große Erfahrung zu haben. Insofern unter der Oberfläche ungeeignete, wenig oder gar nicht mit Glanz versehene Schichten liegen können, bedeutet dieses Verfahren ein gewisses Risiko, doch scheint dieses bei edlen Perlen nicht so groß zu sein, da ihre Außenschichten gewiß vorzugsweise aus Perlmutterlagen bestehen, organische oder Prismenschichten aber zurücktreten. Chinesische Perlenarbeiter sollen im Schälen der Perlen eine solche Geschicklichkeit erlangen, daß sie die abgelöste Schale in geeigneterweise gekittet und mit Wachs oder Schellack gefüllt, auf ein Stück Perlmutter befestigt, als echte Perlen verkaufen.

Gelbliche oder zu dunkel gefärbte Perlen hat man dadurch, daß man sie dem intensiven Sonnenlicht aussetzte, mit Erfolg bleichen können, wie man auch andere, freilich riskantere Bleichmittel, wie Chlor u. dgl., anwandte, die aber für das Erhaltenbleiben des Glanzes eine gewisse Gefahr bedeuten. Andrerseits hat man aus unschön gefärbten dadurch schwarze Perlen hergestellt, daß man sie nach Anbohren mit einer Höllensteinlösung durchtränkte. Auf diese und manche andere Weise hat man versucht, die Beschaffenheit der Perlen zu beeinflussen, zumeist in dem Bestreben, ihnen einen höheren Wert zu verleihen. Dieses Bestreben mußte sich besonders auch auf solche Perlen erstrecken, die mit der Zeit aus irgend einem Grunde ihren Glanz verloren.

Im Gegensatz zu den Edelsteinen bestehen die Perlen aus einem Material, welches sie weit vergänglicher erscheinen läßt als jene; die früher (S. 132) gegebene Darstellung von der Zusammensetzung der Perlen läßt dies ohne weiteres begreiflich erscheinen. Oft genug hört man von Perlenschmuck, welcher den schönen Glanz, den er früher zeigte, teilweise oder völlig einbüßte; es ist dann von „geblendeten“ oder „toten“ Perlen die Rede und mancherlei Märchen werden damit in Verbindung gebracht. Perlen, welche gewissen Schädlichkeiten ausgesetzt sind, werden sich naturgemäß, zumal an ihrer Oberfläche verändern: die Einflüsse, welche dies bewirkten, sind gewöhnlich schwer zu kontrollieren: Berührung mit den Ausscheidungen der Haut beim Tragen ohne darauf folgende Reinigung, längere Aufbewahrung an zu feuchten, vielleicht aber auch an zu trockenen Lokalitäten, wobei in einem wie im anderen Falle unter Umständen gewisse Strukturveränderungen, besonders der äußeren Schichten, erfolgen können. Ist die Luft des Aufbewahrungsortes unrein, etwa infolge von Kohlenverbrennung mit schwefeliger Säure vermischt, so ist eine im Laufe der Zeit eintretende Veränderung der Perlen und der Verlust ihres Glanzes ohne weiteres verständlich. Wertvolle Perlen sollten unter Anwendung gewisser Vorsichtsmaßregeln, d. h. nicht in feuchten, aber auch nicht in solchen

Räumen aufbewahrt werden, die durch Sonnenbestrahlung oder auf künstlichem Wege zu stark ausgetrocknet werden; offen einer starken Belichtung ausgesetzt wird man sie ohnedies für gewöhnlich nicht aufheben, wenn nicht eine Bleichwirkung direkt erzielt werden soll. Am besten werden sie zwischen weiches Material gebettet aufbewahrt. Perlen sind natürlich auf mechanischem Wege leicht zu schädigen, dürfen also nicht in ihrem Behälter geschüttelt werden. Auch beim Tragen kann dies durch anhaltende oder heftige Bewegungen geschehen, indem sie sich gegeneinander reiben. Daß sie beim Waschen und Baden abzulegen, überhaupt besser nicht (wegen der in die künstlichen Öffnungen und in sie selbst eindringenden Feuchtigkeit) in Wasser zu bringen, vor Berührung mit Bürste und Seife sowie mit anderen sie angreifenden Stoffen und Gegenständen zu bewahren, bei Sportleistungen, auf Touren, auf der Eisenbahn und im Automobil also besser nicht zu tragen sind, braucht kaum besonders bemerkt zu werden. Die Reinigung nach dem Tragen und vor der Aufbewahrung geschieht am besten durch zartes Abreiben mittelst eines weichen, in etwas Alkohol und warmes Wasser getauchten Tuches, nachherigem Reiben mit Wasser allein und vorsichtigem Trockenreiben. Abgesehen von den genannten schädlichen Einflüssen liegt es in der Struktur und chemischen Zusammensetzung der Perlen begründet, daß ihre Existenzfähigkeit, nachdem sie dem Ursprungstier entnommen waren, eine zeitlich beschränkte ist. Zwar kennt man Perlen, die unter besonders günstigen Bedingungen, als Kronjuwelen, an Heiligtümern und Buchdeckeln heiliger Bücher in Kirchenschätzen sorgfältigst aufbewahrt, die Jahrhunderte überdauerten, aber im allgemeinen bleiben sie nur über wenige menschliche Generationen, etwa durch 50—100, wohl auch 150 Jahre im guten Zustand erhalten. So wird eine im Jahre 1860 von der Kaiserin Eugenie erworbene Halskette, die offenbar sehr gut gehalten wurde, als absolut unverändert bezeichnet und auch von Perlenschmuck, der bereits von Maria Theresia getragen wurde und sich jetzt im Wiener Kronschatz befindet, wird dies ähnlich wie von manchen Perlen des Petersburger und Pariser Kronschatzes angegeben. Im allgemeinen aber werden die edlen Perlen allmählich unscheinbar, indem sie ihren Glanz verlieren und wohl auch die Farbe verändern; sie scheinen mürbe und bröcklig zu werden; von der Oberfläche besonders an den Stellen, wo sie angebohrt waren, lösen sich kleine Teile ab, was die Unansehnlichkeit der Perle verstärkt. Deshalb werden sie schließlich nicht mehr geachtet und gehen mit der Zeit verloren; von Perlen, die wegen ihrer Schönheit berühmt waren, hört man am Ende nichts weiter. Wenn die mit enormen Preisen bewerteten Perlen des Altertums und Mittelalters, von denen die Schriftsteller berichten, spurlos verschwanden, so dürfte die Ursache davon hauptsächlich mit in diesen Gründen liegen.

Gelegentlich hat man Perlen in Gräbern gefunden, die lange Jahre und Jahrhunderte nach der Bestattung der Toten geöffnet wurden. Der bekannteste und oft angeführte Fall ist derjenige der Töchter des Stilichos,

Maria und Thermantia, die nacheinander dem Kaiser Honorius als Braut verlobt, vor der Hochzeit (um 397 n. Chr.) starben und mit großer Prachtentfaltung beigesetzt wurden. Bei den Arbeiten zur Fundamentierung der Peterskirche in Rom stieß man auf das Grabgewölbe und als es 1544 geöffnet wurde, fand man außer vielem Geschmeide an Gold und Edelsteinen 53 ziemlich große Perlen in der Form erhalten, aber so zersetzt, daß sie unter den Fingern in Staub zerfielen (*Möbius*, S. 63). Andrerseits wird aus Pompeji (zerstört im Jahre 79 n. Chr.) berichtet, daß an einer dort ausgegrabenen Frauenleiche Ohrringe mit gut erhaltenen Perlen gefunden wurden (Bericht von 1820 nach *Hessling*, S. 320).

Blind gewordene Perlen wieder herzustellen, ist begreiflicherweise schon immer das Bestreben von Laien und Sachkennern gewesen, aber selbst das vorher erwähnte Schälen der Perle muß erfolglos bleiben, wenn die Veränderungen bereits in tiefere Schichten eingedrungen oder überhaupt von innen her erfolgt sind, wie es bei durchbohrten Perlen der Fall sein kann. Die für Perlenschmuck sehr eingenommenen orientalischen Völker (besonders Indier und Chinesen) versuchten die verschiedensten Mittel zur Erreichung dieses Zweckes: Reiben mit gekochtem Reis, mit Reispulver oder solchem aus geröstetem Korn, Einbacken in Brot, Reiben mit Salz, Magnesia-, Alabaster- oder Korallenpulver etc. Sollen doch, wie allen Ernstes angegeben wird, im Reismehl eingelegte Perlen an Umfang zunehmen und sogar Auswüchse hervorbringen können. Von den noch zu erwähnenden pflanzlichen Perlen wird behauptet, daß sie einen halben Tag lang in die Milch der Kokosnuß gelegt, die durch längeres Tragen verlorene Farbe und ihren Glanz von neuem erlangten. Ein bekanntes und immer wieder angegebenes Mittel ist, die Perlen von Tauben, Hühnern oder Enten verschlucken zu lassen und sie deren Kropf nach Ablauf einiger Stunden wieder zu entnehmen; daß die Perlen dadurch gewinnen und neuen Glanz erhalten könnten, ist jedoch recht unwahrscheinlich und verschiedentlich dahin angestellte Versuche zeigten, daß das Gegenteil der Fall war, die Verdauungssäfte eher eine schädigende Wirkung auf die Oberfläche der Perle ausgeübt hatten. Daß auf diesem Wege eine nicht mehr glänzende äußere Lage weggenommen und eine bessere darunter liegende zum Vorschein kommen könnte, wäre schließlich möglich, ist aber an und für sich nicht besonders wahrscheinlich. Das Gleiche gilt für die Wiederherstellung erblindeter Perlen durch Tragen auf dem bloßen Hals, wie es häufig ganz im allgemeinen oder von besonderen Personen angenommen wird. Die mystische Kraft der Perlensanierung, wie sie noch jüngst wieder einer Tänzerin zugeschrieben wurde, welche am Petersburger Hofe erblindeten Perlen aus der Zeit der Kaiserin Katharina durch Tragen an ihrem Körper zu neuem Glanz verhalf, muß entweder in das Bereich der Fabel verwiesen oder durch andere Ursachen erklärt werden, deren Kenntnis jener Dame zur Verfügung stand. Im letzteren Falle wäre sie in der Lage, sich selbst noch mehr als den kranken Perlen zu nützen und durch Verwertung dieser Kenntnis zu Berühmtheit und Reichtum zu gelangen.

Verwendung zu Heilzwecken.

Daß sich an so hoch geschätzte, von jeher mit enormen Preisen bewertete und daher äußerst begehrte Objekte wie die Perlen allerlei mystische, unklare und abergläubische Vorstellungen heften mußten, lag nahe. Im Mittelalter, wie in früherer und späterer Zeit haben Perlen und aus ihnen hergestellte Schmuckgegenstände als Amulette und Talismane eine ähnliche Rolle gespielt wie einzelne besonders kostbare Edelsteine. Einige sollten Glück bringen und ihren Träger schützen, andere aber im Gegenteil ihn ins Unglück stürzen und sein Verderben herbeiführen. Näheres über diese märchenhaften und meist recht unkontrollierbaren Erzählungen findet man bei *Kunz* und *Stevenson* mitgeteilt, welche auch über die medizinische Schätzung und Verwertung der Perlen eine Zusammenstellung geben. Offenbar hat der große Wert der Objekte sie zum Heilmittel erhoben und ihre Schätzung auch nach dieser Richtung erhöht. So sind denn Perlen in pulverisiertem und aufgelöstem Zustand als heilbringende Pulver oder Mixturen im Lauf der vergangenen Jahrhunderte gegen verschiedene Krankheiten mit größerem, aber meist wohl geringerem Erfolg verwendet worden, wo die Suggestion nicht helfend eingreifen konnte. Die Heilwirkungen, welche den Perlmitteln nachgesagt wurden, waren recht verschiedenartiger Natur, von bloßer appetitserregender und magenstärkender, öffnender, aber auch verstopfender Wirkung (bei Dysenterie), beruhigendem, anregendem und nervenstärkendem Einfluß bis zur Heilung der Epilepsie und anderer Erkrankungen des Nervensystems, des Herzens und der Lunge. Alles dies wird diesen Mitteln nachgerühmt, auch werden Fälle angeführt, in denen sie namhafte Persönlichkeiten von schweren Leiden befreit haben sollen; des Näheren darauf einzugehen, dürfte hier kaum angezeigt sein.

12. Die Perlmutter und ihre Verwertung.

Unter Perlmutter lernten wir bei Besprechung des Baus der Schale deren innerste Schicht kennen (Fig. 5 und 7, S. 118); beim allgemeinen Gebrauch und zumal im Handel werden alle glänzenden Teile der Schale so bezeichnet und bei kompakteren Stücken, wie sie zur Verwertung gelangen, kommen zumeist größere Teile der Schale in Betracht, die Prismenschichten mit umfassen und in denen auch Periostracumlagen enthalten sein können. Lieferanten sind ungefähr dieselben Muscheln und Schnecken, welche eingangs als diejenige der Perlen genannt wurden (S. 113), doch kommen außer den größeren See- und Süßwasserperlmuscheln vor allem auch die einzelnen Gastropoden, wie Turbo, Cassis, Haliotis, ebenso die Riesenschnecke Strombus (für die Kameenindustrie Italiens) und ferner der Nautilus mit in Betracht.

Entsprechend der Herkunft ist die Färbung der Perlmutter eine recht verschiedene und kann je nachdem alle Farbentöne von fast reinem Weiß, ins Graue spielenden Silberglanz, gelber Tönung, rot, blau, grün usw. zeigen. Hierbei handelt es sich natürlich um die inneren Teile der Schale, die mit Meißeln abgespaltet werden, nachdem die Schale selbst in Stücke

zerlegt war oder bevor dies geschah. Perlmutter bzw. die sie enthaltenden Schalen bilden einen wichtigen Handelsartikel, für welchen London der Hauptstapelplatz ist. Die Herkunft bestimmt sich nach dem Vorkommen der schon vorher genannten Weichtiere und stimmt also im ganzen mit denjenigen Örtlichkeiten überein, an denen Perlfischerei betrieben wird (Persischer Golf, Rotes Meer, Indien, Ceylon, Südseeinseln, Australien, Panama usw., abgesehen von den Süßwasserperlmuscheln in Europa, Asien und Amerika), doch haben sich einige Orte, wie Macassar, Bombay, Sydney, Tahiti, Manilla, Panama u. a. in der Lieferung der Perlmutter hervorgetan, so daß man diese mit ihren Namen belegt, worunter die von Macassar, Manilla und Neuguinea, wie noch einige andere, besonders geschätzt werden.

Es liegt in der Natur der Sache, daß sich die Perlmutterindustrie an diejenige der Perlen anschloß, schon um die erbeuteten Schalen und die darauf verwandte Zeit und Mühe nicht ungenützt zu lassen. Ein Beispiel dafür bietet die Perlmutterindustrie von Adorf in Sachsen, die aus recht bescheidenen Anfängen auf die Weise hervorging, daß der bekannte Perlenfischer *Moritz Schmerler* (Ölsnitz i. S.), in dessen Familie dieses Amt seit Jahrhunderten erblich war, aus den Schalen der Flußperlmuschel (im Jahre 1850) kleine Schmuckgegenstände und Galanteriewaren anzufertigen begann. Daraus entstand dann allmählich die blühende Adorfer Industrie, welche zahlreiche Arbeiter beschäftigt und ihren Bedarf an Rohmaterial längst nicht mehr aus den einheimischen Muscheln decken kann, sondern dafür die schon früher genannten Muschel- und Schneckenschalen aus Ost- und Westindien, Australien etc. bezieht.

Durch weiteres Zerschneiden, Feilen, Schleifen und Polieren werden die Perlmutterstücke in die richtige Form gebracht, um sie weiter verwenden zu können. Besonders kunstreich ist die Technik bei Herstellung der Kameen, für welche die Schalen großer Meeresschnecken (Cassis und Strombus) vor allem in Neapel, Florenz und Mailand verarbeitet werden. Die Verwendung von Perlmutter geschieht sonst in weitgehendem Maße zur Fabrikation von Schmuck- und Gebrauchsgegenständen, alle mögliche eingelegte Arbeit, Messerscheiden, Stock- und Schirmgriffe etc. etc. Übrigens hat man sogar künstliche Perlmutter hergestellt. Dies geschieht durch Bestreichen eines Gelatineblattes mit der noch zu erwähnenden Perlenessenz und Begießen mit einer Gelatinelösung, worauf das Blatt getrocknet wird; dieses bringt man dann in eine Lösung von 1 Teil Alaun und 18 Teilen Wasser, bis es angeschwollen ist, worauf es mit verdünnter Potaschelösung abgespült und getrocknet wird.

Letzteres Verfahren führt uns zu den künstlichen Perlen hinüber, denn auch diese hat man mit mehr oder weniger Glück nachgeahmt, wovon im folgenden Abschnitt die Rede sein wird. Insofern es sich dabei auch um die Herstellung künstlicher Perlmutter handelt, sei eines dieser Verfahren gleich hier erwähnt. Wird Colodium mit Schwefelkohlenstoff und Perlflüssigkeit gemischt, so entsteht eine perlmutterähnliche Substanz, die darauf hin führte, mit Zelluloselösungen weitere Versuche zu machen. Man erhielt

Zelluloidperlmutter, die mehrfach Verwendung fand. Da Zelluloid aber wegen seiner Feuergefährlichkeit nicht in allen Fällen brauchbar ist, ersetzte man es durch Zellit. Die Herstellung der Kunstperlmutter aus diesem Grundstoff geschieht folgendermaßen: Zu 100 Teilen Zellit, die in 80—90 Teilen Eisessig oder Chloroform gelöst sind, werden unter ständigem Umrühren 20 Teile gebrannte Magnesia und 4—8 Teile Perlessenz hinzugefügt. Daraus entsteht eine dickflüssige Masse, welche an der Luft rasch trocknet. Werden der Lösung einige Tropfen Schwefelkohlenstoff hinzugefügt, so wird ein Irisglanz erzielt. Auch in getrocknetem Zustand behält die Kunstperlmuttermasse das Aussehen von polierten Perlmutterplatten und aus diesen können auf der Drehbank Perlen von beliebiger Größe und Form gedreht werden. Man vergleiche hierzu auch den Schluß des folgenden Abschnittes.

13. Künstliche Perlen.

Ein als Schmuck so beliebtes und ungemein wertvolles Objekt wie die Perlen mußte den Menschen unwillkürlich zur Nachahmung reizen. Es scheint, daß diese schon vor mehr als einem Jahrtausend wie manches andere von den Chinesen, und zwar auf ähnliche Weise vorgenommen wurde, wie unsere Industrie ungefähr noch jetzt dabei verfährt. Die Bewohner der Insel Dahalak (im Roten Meer gegenüber Massauah an der Küste von Abessynien) verfertigten aus den Schneidezähnen der Seekuh (Halicore dugong) schöne, durch einen eigentümlichen Atlasglanz ausgezeichnete Perlen (*E. Rüppell*, Reise in Abessynien, I, S. 253). Perlenähnliche Gebilde schneidet man aus Korallen, Steinnuß oder Alabaster zurecht und durchtränkt sie im letzteren Fall mit Wachs und Perlenessenz (als sogenannte römische Perlen). Recht einleuchtend ist der Vorschlag, künstliche Perlen in größeren Mengen aus Perlmutter, und zwar aus den bei der Perlmutterverarbeitung entstandenen Abfällen herzustellen, wozu (von *R. Stübling*) besondere Maschinen angegeben wurden. Je nach dem verwendeten Material werden sich solche Perlen durch schönen Glanz und gute Färbung auszeichnen; sie lassen sich außerdem unter Anwendung von salpetersaurem Silberoxyd, übermangansaurem Kali, Pikrinsäure und Karminbeizen blauschwarz, braun, gelb, rot und in anderen Tönen färben.

Von den besonders in Thüringen, Böhmen, Wien und Paris aus verschiedenerlei Bestandteilen (Mineralien, Mineralmischungen, Emaille, Metall, Metallegierungen, Bernstein, Glas usw.) auf recht verschiedene Weise hergestellten, als Perlen bezeichneten, ihnen oft recht unähnlichen Gebilden kann hier weiter nicht die Rede sein, nur diejenigen künstlichen Perlen seien noch erwähnt, welche den natürlichen in ihrem Aussehen am nächsten kommen und bei sorgfältigster Herstellung zuweilen schwer von ihnen zu unterscheiden sind. Diese schon im Jahre 1656 von dem französischen Rosenkranzfabrikanten *Jaquin* erfundenen, damals für Katharina v. Medici fabrizierten und bis auf unsere Zeit in ähnlicher Weise angefertigten Perlen bestehen aus sehr zarten, dünnwandigen Glaskügelchen, zu deren

Herstellung man opalisierendes, bläulich-weißes Glas verwendet und in die man in geeigneter Weise sogenannte Perlenessenz hineinbringt. Diese „Essenz d'Orient" ist eine silberglänzende, hauptsächlich aus mikroskopisch kleinen (Guanin-Kalk) Kristallen bestehende Masse, welche durch Zerreiben der silberglänzenden Schuppen von Weißfischen (Cyprinus alburnus, Ukelei) mit Wasser und Nachbehandlung mit Ammoniak und 40—60%igem Alkohol erhalten wird. In letzterem hält sich die in gut verschlossenen Gefäßen aufbewahrte Substanz ziemlich lange. Vor der Verwendung wird sie einer geeigneten Gelatinelösung zugesetzt und diese mittelst einer Pipette in die Glaskügelchen gespritzt, deren Wand die silbrige Substanz auskleidet, worauf die Kügelchen rasch getrocknet und mit Wachs ausgefüllt werden, um ihnen Gewicht und Festigkeit zu geben. Auf diese Weise mit besonderer Sorgfalt hergestellte, häufig als „Wachsperlen" bezeichnete Perlen können den natürlichen recht ähnlich und sogar schwer von ihnen unterscheidbar sein, wenn sie auch freilich mit diesen edlen, höchst kompliziert strukturierten Erzeugnissen eines sich durch lange Zeiträume erstreckenden Naturvorganges in Wirklichkeit nicht vergleichen lassen. Diese alte und bewährte Methode wird bis heutigen Tags zur Herstellung künstlicher Perlen in großem Maßstabe verwendet *(O. Wilhelmy)*, jedoch hat man sich dafür auch die durch den Fortschritt der Industrie und Technik dargebotenen Hilfsmittel nicht entgehen lassen, indem man Nitrocellulose zur Anwendung brachte. In einem Gemisch von Alkohol und Äther gelöst, ausgegossen und in sehr dünner Schicht zum Trocknen gebracht, nimmt diese Masse nach entsprechender Weiterbehandlung einen schönen, weißen Perlenglanz an. Daraus werden dann wohl die Perlen so hergestellt, wie am Ende des vorigen Abschnittes angegeben wurde. Man hört, daß viele der neuerdings in großen Mengen in den Handel gebrachten künstlichen Perlen nach diesen neuen Methoden fabriziert wurden; ob dies richtig ist und inwieweit die älteren bewährten Verfahren dabei benutzt werden, entzieht sich unserer Kenntnis.

14. Pflanzliche Perlen.

Die von den Perlen zu gebende Darstellung wäre nicht vollständig, würden wir nicht zuletzt noch jener perlenartigen Gebilde Erwähnung tun, wie sie in Pflanzen vorkommen und bei Erlangung eines größeren Umfanges direkt als Perlen bezeichnet werden. Die bekanntesten davon sind die Kokosperlen, die aus Kokosnüssen stammen sollen und von denen angegeben wird, sie glichen in Farbe und Glanz den echten Perlen, würden in Indien als Schmuck getragen und sogar noch höher als jene geschätzt. Freilich ist es merkwürdig schwierig, über diese pflanzlichen Perlen genaueres zu erfahren; sie müssen offenbar recht selten und den Botanikern nur wenig in die Hände gekommen sein. *Van Breda de Haan* berichtet in Teysmania, 1903, S. 150 über eine von *Kirkwood* und *Gies* in Contributions from the New York Botanical Garden, Juni 1912, gemachte kurze Mitteilung, wonach man in Kokosnüssen ziemlich selten blauweiß ge-

färbte „Steine" findet, welche von den Chinesen als Vorbeugungsmittel gegen Krankheiten hoch geschätzt würden. Sie bestehen aus Calciumcarbonat und sind von einer harten, steinartigen Beschaffenheit. Nach *Carthaus* beschäftigte sich *G. E. Rumpf* (genannt *Rumphius* 1627—1702), der „indische Plinius", in seiner „Amboinschen Raritätenkammer" mit den (zusammen mit den Steingebilden des Tierkörpers) als „Mestikas" bezeichneten pflanzlichen Perlen, die vor allem in Kokosnüssen, aber auch in Pisangstauden und anderen Pflanzen gefunden wurden. Diese Perlen beschreibt er aus eigener Anschauung oder nach den Berichten solcher Personen, die sie selbst in Kokosnüssen gefunden hatten, etwa so, wie es nachfolgend nach anderen Quellen geschieht. Nach der Angabe von *Rumphius* gelangte ein Ring mit einer Kokosperle in den Besitz des Großherzogs von Toscana.

Nach Dr. *Morris'* Aussage seien die Kokosperlen sehr selten und einige davon wären unlängst nach England gebracht worden, wovon sich eine im Museum des Kew Garden (London) befände. Diese letztere Perle ist eiförmig und rein weiß, den von Perlmuscheln herrührenden Perlen in ihrer Beschaffenheit sehr ähnlich. Bei seinem Aufenthalt in Nord-Celebes (1886) fand *Riedel* im Fruchtfleisch der Kokosnuß eine birnförmige Perle von 28 *mm* Länge. Diesen kurzen Bemerkungen fügt die Redaktion der Teysmania hinzu, daß sie etwaige Mitteilungen über pflanzliche Perlen mit Vergnügen entgegennähme, falls über ihr Vorkommen auf Java mehr bekannt sei. Man sieht daraus, daß die Kenntnis dieser merkwürdigen Gebilde auch in den Gegenden, wo man genaueres darüber zu erfahren erwarten durfte, eine recht unvollständige zu sein scheint. Dazu stimmt die kurze Bemerkung von *van Oijen* (Bull. Kolon. Mus. Haarlem, S. 55, 1909), welcher die einzige von ihm gesehene, zu einer Damenbrosche gefaßte Perle als von blauweißer Farbe und der Größe eines Taubeneies beschreibt. Bei der Kärglichkeit der mir zugänglich gewordenen Nachrichten über wirkliche oder vermutliche pflanzliche Perlen erschien es nicht unerwünscht, die vorstehenden an schwer erreichbaren Stellen niedergelegten Bemerkungen wiederzugeben.

Wie schon erwähnt, sollen die Kokosperlen in der Hauptsache aus kohlensaurem Kalk und außerdem aus organischer Substanz bestehen, also eine ganz ähnliche Zusammensetzung haben wie die echten (animalischen) Perlen. *Harley* allerdings, der eine solche, aus Singapur stammende Perle analysierte, ist etwas skeptisch, einmal deshalb, weil die chemische Zusammensetzung mit demjenigen des sonstigen Inhaltes der Kokusnuß nicht recht stimmt und die betreffende Perle in ihrer äußeren und inneren Beschaffenheit einer solchen von Tridacna recht ähnlich, also möglicherweise animalischer Herkunft war.

Ablagerungen von Kalksalzen im Pflanzenkörper sind an und für sich nichts Ungewöhnliches und kommen in verschiedenen Geweben vor. Es kann sich dabei ebenso um kohlensauren Kalk, wie Kalziumoxalat und andere Kalksalze handeln; bei den regelmäßiger geformten, hier nicht in

Betracht kommenden Gebilden allerdings spielt der oxalsaure Kalk eine besondere Rolle. Die von *G. Kohl* und Anderen aus verschiedenen Pflanzen und Pflanzenteilen beschriebenen Sphärite erinnern infolge ihrer regelmäßigen sphärischen Form und ihres konzentrisch geschichteten und radiären Baues durchaus an die Struktur animalischer Perlen, nur erlangen diese Gebilde keinen bedeutenden Umfang, sondern bleiben zumeist von mikroskopischer Kleinheit.

Letzteres braucht dagegen nicht der Fall zu sein bei den Kieselablagerungen, welche sich so häufig im Pflanzenkörper finden und ebenfalls recht unregelmäßige Formen erlangen können. Zwar sind sie häufig nur von mikroskopischer Größe und liegen wie jene innerhalb der Zellen, aber diese runden, ovalen, länglichen, mit glatter oder höckeriger Oberfläche versehenen Gebilde können auch größere werden und unter Umständen recht umfangreiche Massen bilden. Solche Kieselkörper kommen mit Vorliebe in den Stegmata oder Deckzellen vor, welche Begleitzellen von Gefäßbündeln sind und verhältnismäßig große, aus amorpher Kieselsäure bestehende Körper enthalten. Solche Kieselkörper finden sich in der festen Schale der Kokosnuß, wie auch sonst im Gewebe der Kokospalme und bei manchen anderen Pflanzen (Palmen, Piassaven, Manilahanf, Bambus, Farnen etc. nach *G. Kohl*). Besonders bekannt sind die als Tabaschir bezeichneten Kieselkörper, welche ebenfalls aus amorpher Kieselsäure bestehen und als kugelige, halbkugel- oder plattenförmige Gebilde von konzentrisch geschichtetem Bau im Bambusrohr auftreten. Diese Kieselkörper werden recht umfangreich und besitzen eine große Härte und Widerstandsfähigkeit, so daß sie nach Absterben und Verfaulen des Bambusrohrs, zumal nach Regengüssen oft in Menge am Boden gefunden werden *(F. Cohn)*.

Diese zuletzt besprochenen Gebilde führen zumal wegen ihrer differenten chemischen Zusammensetzung wohl schon etwas weit von den Perlen ab; insofern es sich aber auch bei ihnen um regelmäßig geformte und struktuierte, größtenteils aus anorganischer Substanz bestehende Körper handelt, sollten sie hier doch nicht unerwähnt bleiben.

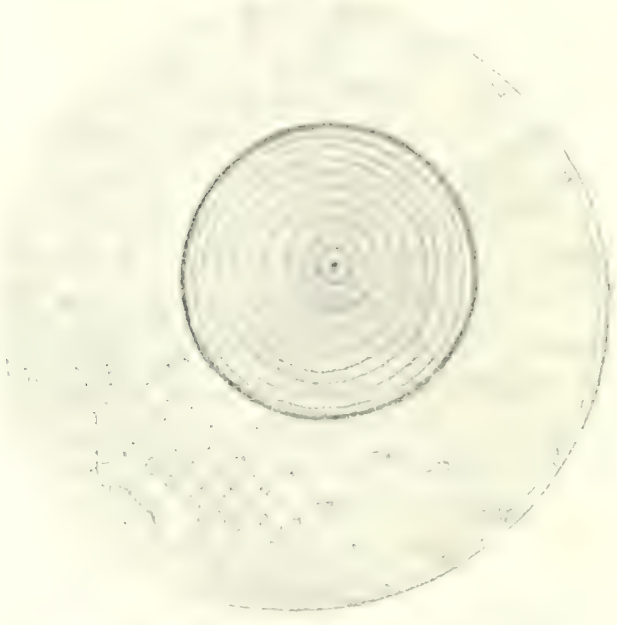
15. Den Perlen vergleichbare Bildungen des tierischen Körpers. Schlußbetrachtungen.

Wie sich im Gewebe des pflanzlichen Körpers verschiedenartige Bildungen finden, welche mit Perlen eine gewisse Ähnlichkeit zeigen, unter sich aber wieder recht verschieden sind, so gilt ähnliches für den tierischen Körper. Es wird sich dabei in der Hauptsache um feste Gebilde von mehr oder weniger regelmäßiger Struktur handeln, die vor allem durch Ablagerungen von Kalksalzen zustande kommen. Die letzteren spielen als normale und pathologische Bildungen bekanntermaßen im tierischen Organismus eine große Rolle. Die Schale der Weichtiere lernten wir als ein sehr regelmäßig aus kohlensaurem Kalk und organischer Substanz

aufgebautes Gerüstwerk bereits kennen; ähnliche den Körper stützende und schützende Bildungen finden sich, abgesehen von den Kalkschalen der Protozoen (Foraminiferen) bei den Schwämmen, Cölenteraten, Würmern, Krebsen, Bryozoen und Stachelhäutern, wie sich das Knochengerüst der Wirbeltiere ebenfalls in sehr regelmäßiger Weise aus organischer Substanz und Kalksalzen (in der Hauptsache phosphorsaurem Kalk) aufbaut. Wenn auch derartige Bildungen natürlich nicht direkt mit den Perlen verglichen werden sollen, so ist doch immerhin der Gestaltungsvorgang bei ihnen insofern nicht ganz unähnlich, als organische Substanz und in oder an sie angelagerte Kalksalze jenes Gerüstwerk zusammensetzen.

Derartige normale Bildungen gewinnen dann eine größere Ähnlichkeit mit den von uns als Perlen bezeichneten Gebilden, wenn sie auch in der Form mit ihnen übereinstimmen, d. h. Kugelgestalt annehmen, wie es bei den Otolithen und Statolithen der Gehör- oder Equiliberorgane der Medusen, Würmer, Krebse, Mollusken und Vertebraten der Fall zu sein pflegt. Diese Statolithen bestehen hauptsächlich aus kohlensaurem Kalk und können sich auch aus konzentrischen Schichten, nicht unähnlich der Perlenstruktur zusammensetzen. Wenn dazu noch eine radiäre Struktur hinzukommt, wie es nach der von *Claus* gegebenen Darstellung bei dem Heteropoden (Kielfüßler) Pterotrachea der Fall ist (Fig. 43), so wird die Ähnlichkeit mit dem Bau der nur aus Prismenschichten bestehenden Perlen (Fig. 18 *C*) eine so große, daß man einen solchen Statolithen ohne Kenntnis seiner Herkunft für eine junge Perle halten könnte (Fig. 43). Entsprechend dem geringen Umfang, welchen die Statocysten bei den meisten der genannten Tierformen aufweisen, bleiben auch die Statolithen ziemlich klein; bei den Knochenfischen jedoch können sie eine recht beträchtliche Größe (bis 23 *mm* Länge und 11 *mm* Breite und 4 *mm* Dicke), z. B. beim Kabeljau (Gadus morrhua), sowie eine porzellanartige Beschaffenheit erlangen, wodurch sich die Ähnlichkeit mit den Perlen mancher Muscheln (Fig. 18 u. 19) noch erhöht. Allerdings weichen die Fischotolithen häufig sehr bedeutend von der Kugelform ab, wie die oben von Gadus gegebenen Maße erkennen lassen, indem sie bei starker Abplattung eine ovale oder gestreckte Gestalt annehmen können. Die Struktur jedoch zeigt eine weitgehende Übereinstimmung mit derjenigen der Perlen

Fig. 43.

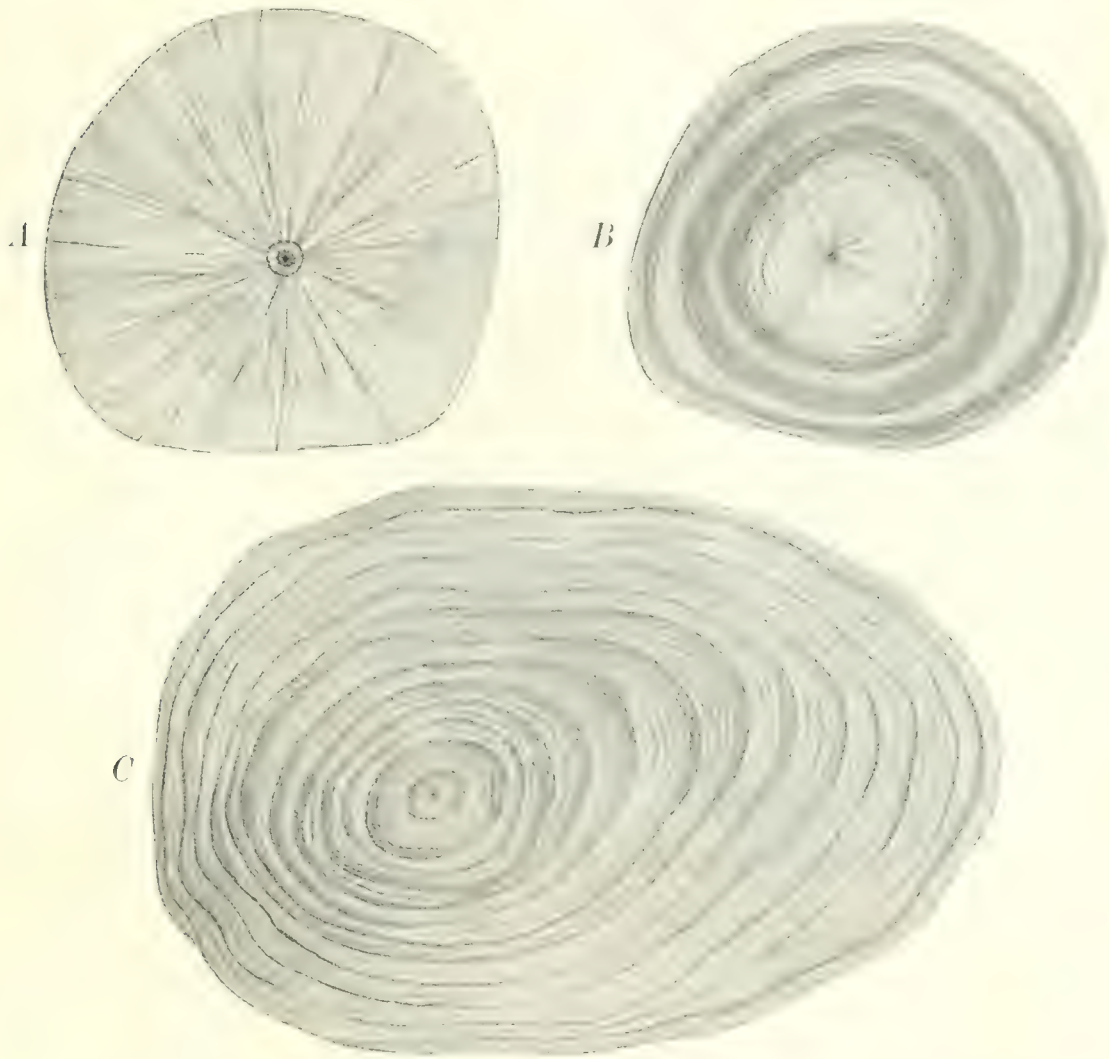


Statocyste von *Pterotrachea Friederici*, ausgekleidet von platten haartragenden Wimperzellen und höheren mit kürzeren Sinneshaaren bekleideten Zellen; in der Mitte der große Statolith (nach *Claus*).

(Fig. 44, *A—C*). Wie bei diesen tritt unter Umständen der radiäre Bau, in anderen Fällen die konzentrische Schichtung mehr hervor; am besten ist dies aus den hier mitgeteilten Abbildungen einiger Fischotolithen zu ersehen.[1])

In ihrer Bildung den Perlen ohne weiteres vergleichbar, weil von einem sonst die chitinöse Cuticula liefernden Epithel ausgeschieden, sind

Fig. 44.



Fischotolithen. *A* vom Aal *(Anguilla vulgaris)*, Vergr. 125mal, *B* vom Stichling *(Gasterosteus aculeatus)*, Vergr. 150mal, *C* vom Flunder *(Pleuronectes flexus)*, Vergr. 60mal.

die sogenannten Krebsaugen oder Krebssteine (Lapides cancrorum), welche in der Magenwand des zehnfüßigen Krebses gefunden und daher auch als Gastrolithen bezeichnet werden. Sie liegen in einer taschenartigen Aussackung der Magenwand, in welcher sie abgeschieden wurden, bestehen nach *Huxley* (Der Krebs, 1881) zum bei weitem größeren Teil aus zirka 82% Kalksalzen (zirka 63% kohlensaurem und zirka 19% phos-

[1]) Für die freundliche Überlassung des bereits präparierten Materials bin ich dem Direktor des Zoolog. Museums in Berlin, Herrn Prof. Dr. *A. Brauer*, sowie Herrn Dr. *Pappenheim* zu besonderem Dank verpflichtet.

phorsaurem Kalk) und setzen sich aus ungefähr konzentrisch gelagerten und radial gestreiften Schichten zusammen (Fig. 45). Die Gestalt dieser häufig, zumal vor der Häutung bei unserem Flußkrebs zu findenden, recht ansehnlichen Körper ist eine ungefähr halbkugelförmige; die abgeplattete Seite hat eine umfangreiche kreisförmige Vertiefung. Die Oberfläche ist glatt und den stumpfen, glanzlosen Perlen mancher Muscheln sind sie nicht unähnlich, so daß in der Bildungsweise, Struktur und sonstigen Beschaffenheit tatsächlich eine gewisse Übereinstimmung mit den Perlen mancher Weichtiere besteht (Fig. 45).

Fig. 45.

Gastrolith (sog. Krebsstein) aus der Magentasche eines Decapoden, Flächenschliffe. Vergr. 15mal.

Die charakteristische konzentrische Schichtung und radiale Streifung der Perlen ist eine bei Konkrementen im Tierkörper sonst noch, und zwar auch dann zu beobachtende Erscheinung, wenn sich diese Konkretionen aus ganz anderen Substanzen aufbauen. Dies gilt z. B. für die, wohl zumeist und größtenteils aus Harnsäure (anscheinend seltener aus Guanin) bestehenden, in den Nierenzellen gebildeten, an Größe recht verschiedenen Harnkügelchen der Schneckenniere (Fig. 46). Sie lassen ebenfalls, nicht unähnlich den bei den Perlen obwaltenden Verhältnissen, je nachdem ein Überwiegen der konzentrischen Schichtung oder der radiären Streifung erkennen, wobei die Übereinstimmung mit jungen Perlen wirklich eine sehr große ist (Fig. 46, *A*—*D*). Wie diese zeigen sie häufig von zwei oder mehreren Kernen ausgehende Doppel- und Mehrfachbildungen (Fig. 46, *D*).

Als nicht in den Kreis normalen Geschehens gehörige, wenn auch nicht immer als eigentlich pathologisch zu bezeichnende Vorgänge treten Ablagerungen von Kalksalzen und anderer zur Bildung fester Körper führender Substanzen nicht selten im tierischen Organismus auf. Zuweilen handelt es sich dabei um eine Isolierung in den Körper eingedrungener lebender oder lebloser Dinge oder auch abgestorbener Teile des Organismus

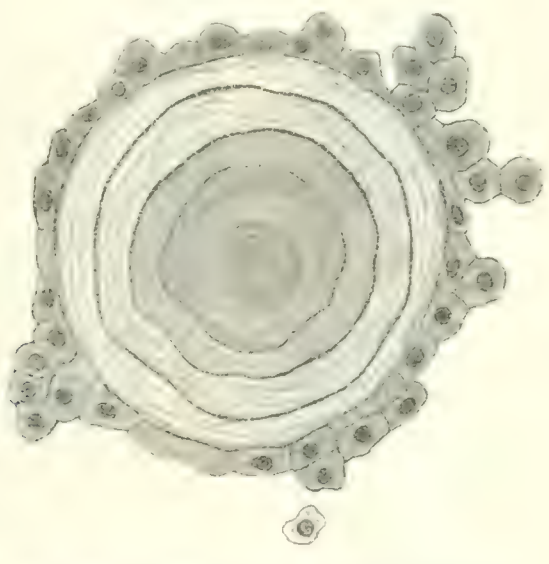
selbst, die ihm sonst schädlich werden könnten. Die Verkalkung nekrotischer Gewebsteile ist eine bekannte Erscheinung, ebenso diejenige von parasitischen, im Wirtskörper weiter lebenden oder in ihm abgestorbenen pflanzlichen oder tierischen Organismen; so lagern sich in die Bindegewebshülle der in den Säugetiermuskeln encystierten Trichine feinste Kalkkörnchen ab; es tritt also eine Verkalkung der Kapsel und schließlich auch eine solche des ganzen Kapselinhaltes, also der Parasiten selbst ein, welcher dadurch getötet wird, wenn er nicht schon im Laufe der Zeit abgestorben war. Diese Isolierung von Fremdkörpern innerhalb des Organismus erinnert recht sehr an den Vorgang der Perlenbildung bei den Mollusken.

Derartige Bildungen pflegen eine unregelmäßige Struktur zu zeigen, doch können solche pathologische Gebilde auch einen den Perlen nicht unähnlichen Bau annehmen. In dieser Beziehung ist es vielleicht nicht ohne Interesse, das sehr merkwürdige Verhalten eines Krebses (Branchipus Grubei) kennen zu lernen. Bei ihm treten gelegentlich in verschiedenen Gegenden des Körpers, z. B. am Grunde der Augen oder in anderen Regionen des Kopfes und übrigen Körpers, mikroskopisch kleine, später etwas größer werdende Gebilde auf, welche zunächst den Eindruck junger Perlen machen, zumal sie von einer Art „Perlsack“ umgeben sind (Fig. 47). Die Entstehung dieser eigenartigen (nicht aus Kalksalzen, sondern aus chitinartiger Substanz bestehenden) Gebilde ist freilich eine ganz andere als diejenigen der Perlen. Sie nehmen ihren Ursprung in den großen lymphoiden Zellen (Fettzellen von *Claus*) und können sich infolgedessen überall da im Körper finden, wo diese vorhanden sind. In einer Vakuole dieser Zellen wird chitinähnliche Substanz abgelagert, die eine konzentrische

Fig. 46.

Verschieden strukturierte Harnkügelchen aus der Schneckenniere *(Helix pomatia)*. Vergr. 600mal.

Fig. 47.

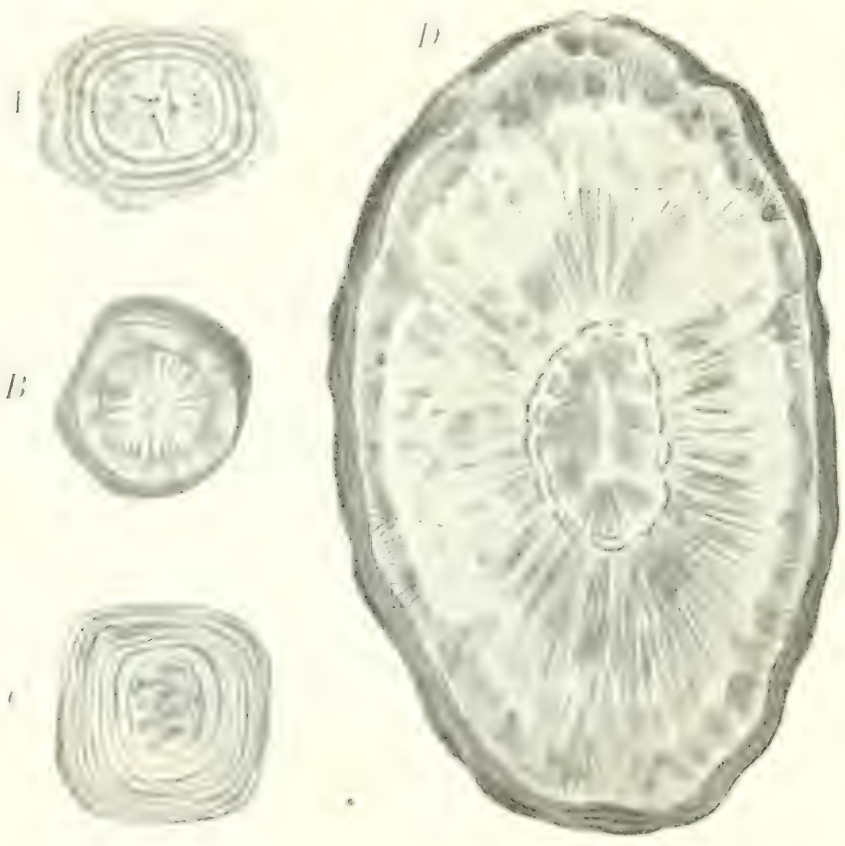


Abnorme Chitinbildung aus dem Körperinnern von *Branchipus Grubei*, von Wanderzellen umlagert, nach *F. Alverdes*.

Schichtung annimmt: die Zelle selbst degeneriert, während sich Wanderzellen des Körpers (Leukocyten) herandrängen und sie in regelmäßiger Schicht umlagern. Die konzentrisch geschichtete Chitinkugel ist nun nach völligem Schwinden der Bildungszelle von einem epithelialen Mantel wie von einem Perlsack umgeben (Fig. 47). Die meines Wissens noch nicht beschriebenen Gebilde werden durch *F. Alverdes* (im Zool. Anzeiger, Bd. 40) eine eingehendere Behandlung erfahren.

Die vorher erwähnte Ablagerung der Kalksalze in Form von Imprägnation vorhandener Teile oder wie sie sonst erfolgt, kann eine recht umfangreiche werden und zur Bildung verhältnismäßig massiger Körper von konzentrischer Schichtung führen (Fig. 48). Diese Bildungen können somit eine ziemlich regelmäßige Form und Struktur annehmen, wie es in noch höherem Maße bei denjenigen Konkretionen der Fall ist, welche sich als sogenannte Darm-, Gallen- und Nierensteine in den entsprechenden Organen finden. Ihre Bildungsweise und Zusammensetzung ist freilich eine andere und ihrem Ursprung entsprechend recht differente. Die Harnsteine des Nierenbeckens und der Harnblase besitzen bei recht verschiedener Form und Größe eine wechselnde chemische Zusammensetzung aus Harnsäure, harnsauren Salzen, aber auch Phosphaten und Karbonaten, wie auch aus noch anderen Substanzen. „Kalksteine" treten ferner in den Speicheldrüsen, in den Bronchien, im Pankreas und in manchen anderen Organen auf. Sehr bekannt sind die bei Huftieren, besonders bei Pferden vorkommenden Darm- oder Kothsteine, welche durch schichtenweise Ablagerung von Koth- und anderen Bestandteilen um zufällig verschluckte Fremdkörper entstehen, infolge Durchdringung von Kalksalzen eine recht bedeutende Härte erlangen, sehr groß und (bis zu mehreren Kilogramm) schwer werden, dabei häufig auf Schliffen einen re-

Fig. 48.



A und *B* radial gebaute Cholesterinsteine aus entzündeten Gallenblasen des Menschen, *C* Pigmentkalkgallenstein, *D* „Kombinationsstein" mit Cholesterinkern und Pigmentkalkmantel (nach *Aschoff* und *Bachmeister*).

gelmäßigen Bau zeigen. Das letztere gilt auch für die zum Teil ebenfalls aus Kalksalzen, hauptsächlich aus Cholesterin und Gallenfarbstoffen bestehenden in der Gallenblase, selten in den Gallengängen der Leber auftretenden Gallensteine, die von ganz geringer Größe (sogenannter Gallengries) bis zum Umfang einer Walnuß und darüber heranwachsen, ja sogar die Größe eines Hühnereies erreichen können. Vom Bau und der Entstehungsweise dieser oft zierlich strukturierten, wie die Perlen eine radiäre Streifung und konzentrische Schichtung aufweisenden Körper gaben neuerdings *Aschoff* und *Bachmeister* eine von ausgezeichneten Abbildungen begleitete erschöpfende Darstellung. Um die oft recht weitgehende strukturelle Übereinstimmung mit den Perlen zu zeigen, sei auf die Abbildungen Fig. 48, *A—D* verwiesen. Die Cholesterinsteine (Fig. 48, *A, B*) zeigen im allgemeinen einen radiären Bau und wachsen durch Anfügen neuer Schichten in derselben Weise weiter (Fig. 48, *A, B*). Durch reichliche Kalkeinlagerung kommt aber eine andere Struktur zustande, die sich in schichtenweiser Ablagerung ohne radiären Bau äußert. Unter Umständen besteht der ganze Stein aus solchen pigmentierten Kalkschichten (Fig. 48, *C*) oder er setzt sich als sogenannter Kombinationsstein aus dem radiär gestreiften Cholesterinkern und einem Mantel von Pigmentkalkschichten zusammen (Fig. 48, *D*).

Die zuletzt besprochenen, in verschiedenen Organen der Säugetiere und gewiß auch bei manchen anderen Tieren auftretenden (häufig mehr nach ihrer Struktur als nach ihrer Entstehung) mit den Perlen vergleichbaren pathologischen Bildungen hat man ebenso wie die Krebssteine und Statolithen wiederholt und besonders erstere schon seit langem mit den Perlen verglichen, indem man auch diese als pathologischer Natur ansah. Der Vergleich würde dann um so näher liegen, wenn Perlen bei den Weichtieren auch in anderen Organen gebildet würden, wie dies angegeben wird *(Möbius, Hessling, Boutan)*. Dann könnte die Entstehungsweise eine ähnliche sein, wie bei den Gallen- oder Nierensteinen der höheren Tiere, wenn dies auch für echte, den Mantelperlen entsprechende Perlen nicht gerade als wahrscheinlich angesehen werden kann. Beschrieben wurden Perlen jedenfalls aus dem Herzen, Herzbeutel, aus der Leber, dem *Bojanis*schen Organ (Nierenwand) und den Geschlechtsdrüsen. Ob sie dorthin verschleppt wurden oder an Ort und Stelle entstehen konnten, dürfte schwer zu entscheiden sein.

* * *

Durch die am Schlusse dieser Ausführungen angestellten Vergleiche tritt die pathologische Natur der Perlen noch mehr hervor. Daß ihre Entstehung unter Umständen durch Ursachen hervorgerufen wird, welche nicht in die für gewöhnlich im Organismus sich abspielenden Vorgänge gehören, also abnormer Natur sind, kann nicht in Abrede gestellt werden, wenn auch die dadurch ausgelösten Bildungsprozesse sich als völlig normale erweisen, da sie bei der Abscheidung der Muschelschale in ungefähr derselben

Weise verlaufen. Die Ursachen, welche zur Erzeugung der Perlen führen, haben begreiflicherweise von jeher sehr interessiert, aber leider kann man nicht sagen, daß in dieser Beziehung unter den maßgebenden Beurteilern eine Übereinstimmung bestände, wie aus der vorher (im 4. und 5. Abschnitt) gegebenen Darstellung hervorgeht. Obwohl die Perlen seit Jahrtausenden bekannt und aufs höchste geschätzt sind, obwohl man sich seit den ältesten Zeiten bemüht hat, ihrem Ursprung nachzugehen, und zwar hauptsächlich aus dem Grunde, um ihre Produktion zu befördern, wurden darin kaum irgendwie erhebliche Fortschritte erzielt. Dafür, daß letzteres nicht recht gelang, lag der Grund zum Teil eben darin, daß man die Ursachen der Perlenbildung nicht genügend kannte oder wo man ihn richtig vermutete, die Bedingungen nicht herbeizuführen vermochte, unter welchen jene Ursachen wirken konnten. Das galt z. B. für die Infektion der Muscheln mit jenen Parasiten, denen man eine Einflußnahme auf die Perlproduktion oder deren tatsächliche Bewirkung zuschrieb. Vielleicht besteht die Hoffnung, daß man jetzt, da auch Stoffwechselprodukte des Muschelkörpers als Ursache der Perlenbildung erkannt und die Lebensbedingungen der Muscheln selbst genauer studiert wurden, die Perlenproduktion erfolgreicher zu beeinflussen lernt. Daß diese Hoffnungen sehr groß wären, läßt sich freilich zunächst noch nicht sagen und am Ende erscheint es vielleicht nicht einmal wünschenswert, eine Massenproduktion dieser von alters her hoch geschätzten edlen Schmuckstücke herbeizuführen und sie dadurch zu entwerten.

Nachtrag.

Während der Korrektur dieser Arbeit erhielt ich Kenntnis von einer soeben erschienenen wichtigen und inhaltsreichen Abhandlung von *H. L. Jameson* über die ceylonesischen Perlmuscheln und die Entstehung der Perlen in ihnen (London 1912). Auf die Ergebnisse dieser neuen Publikation kann bedauerlicherweise nur noch kurz eingegangen werden, doch erscheint dies insofern notwendig, als die Auffassung von der Entstehung der Perlen bei den marinen Perlmuscheln gegenüber der zuletzt herrschenden Auffassung doch eine wesentliche Modifikation erfahren hat. Dies geht übrigens auch aus einem kleinen mir ebenfalls nach Abschluß des vorliegenden Aufsatzes durch die Freundlichkeit des Herrn Verfassers zugegangenen Artikel von *R. Dubois* (Paris 1912) hervor, in welchem vom Verfasser, durch *A. Rubbels* Untersuchungen veranlaßt, sehr entschieden auf seine eigenen Beobachtungen der nichtparasitären Entstehung von Perlen und überhaupt auf die Möglichkeit einer solchen verwiesen wird. Auf die Parasitentheorie wird begreiflicherweise auch in *Jamesons* Abhandlung besonderes Gewicht gelegt, da er von früher her dabei interessiert ist (vgl. oben S. 128). Wie wir bereits hörten, sollten es nach den Beobachtungen von *Herdman*, *Hornell*, *Seurat*, *Southwell* u. a. Bandwurmlarven sein, welche bei den Meeresperlmuscheln zur Entstehung der Perlen Veranlassung geben. Die Frage, um welche Formen es sich dabei handelt, wird von *Jameson* sehr

eingehend diskutiert und dahin beantwortet, daß die Parasiten nicht, wie *Herdman* will, zu Tetrarhynchus unionifactor, sondern *Seurats* Auffassung entsprechend, zur Gattung Tylocephalum gehören; von *Jameson* werden sie vorläufig als Tylocephalum Indificans und T. minus bezeichnet, denn er nimmt in Übereinstimmung mit *Herdman* an, daß es sich um zwei unterscheidbare Arten handelt.

Sehr wichtig wäre nun die Beantwortung der im vorstehenden Artikel ebenfalls besprochenen Frage, welche Beziehungen die genannten Cestoden zur Perlenbildung haben und ob sie diese hervorrufen. In letzter Hinsicht ist *Jameson* nunmehr äußerst skeptisch und spricht es direkt aus, daß die Cestoden als Ursache oder auch nur als eine Ursache der Perlenbildung (in der Weise wie die Trematoden bei Mytilus) keinesfalls mit Sicherheit anzusehen seien; ihr gelegentliches Vorkommen in den Perlenkernen müsse sogar noch erwiesen werden und die ganze Theorie sei überhaupt ungenügend gestützt. *Jameson* selbst konnte bei seinen Untersuchungen jedenfalls keine Cestodenreste in Perlen auffinden: er kritisiert nach dieser Richtung die Angaben der früheren Autoren und kann nicht einmal zugeben, daß von ihnen Cestodenparasiten in einem Epithelsack (dem späteren Perlsack) gefunden worden seien; vielmehr sei die Annahme eines solchen Gebildes nur theoretischer Natur. Unter Umständen seien die Parasiten zwar in großer Menge vorhanden gewesen, aber dennoch seien keine Perlen in den betreffenden Muscheln gebildet worden; so müßten also die Infektion mit Cestodenparasiten und die Perlenproduktion als zwei verschiedene Dinge angesehen werden, wie auch schon *A. Willey* ausgesprochen hat.

Sind es nun nicht die Parasiten, welche in den Meeresperlmuscheln die Perlen hervorrufen, so drängt sich von neuem die Frage auf, welche anderen Ursachen dafür verantwortlich zu machen wären. Als solche treten wieder Fremdkörper wie Sandkörnchen u. dgl. auf, z. B. Partikel organischer Substanz verschiedenartigen Ursprungs, wie auch solche, die von schalenbildenden Stoffen herrühren und dann auftreten, wenn die regelmäßige Abscheidung der Schale aus irgendwelchen Gründen gestört wurde. Die von *Herdman* als Ursache für die Bildung der Muskelperlen angegebenen Kalkkörnchen sieht *Jameson* nicht als „freie Konkretionen", sondern als „kleine Perlen" an, welche aus Hypostracum-Substanz, d. h. also aus Teilchen der früher erwähnten hellen oder durchsichtigen Schalenschicht bestehen. Überhaupt ist *Jameson* bis zu einem gewissen Grade geneigt, den bei der Schalenbildung nicht zur Verwendung kommenden, aber ursprünglich dafür bestimmten Substanzen für die Perlenbildung eine bedeutungsvolle Rolle zuzuschreiben. Damit nähert er sich dem für die Perlenbildung der Süßwassermuscheln von *Rubbel* und *Hein* eingenommenen Standpunkt. Ich darf bemerken, daß mir dies besonders sympathisch ist, denn wie im vorhergehenden (S. 131) und schon vorher in einem Artikel der „Umschau" (Nr. 28, S. 584, Juli 1912) von mir etwas näher ausgeführt wurde, spricht die Wahrscheinlichkeit dafür, daß der für die Süßwassermuscheln festgestellte Bildungsmodus auch bei den marinen Perlmuscheln eine Rolle spielen dürfte.

Seit sich die Herren Prof. *Meisenheimer*, Dr. *Harms*, Dr. *Wasserloos* und Dr. *Rubbel* im hiesigen Zool. Institut mit der Entwicklung von Margaritana und ihrer Perlenbildung beschäftigten, hat die Frage nach der Entstehung der Perlen allerdings eine gewisse Wandlung erfahren. Beim Beginn jener Untersuchungen vor nunmehr länger als 8 Jahren mußte man nach dem damaligen Stand der Kenntnisse die Hervorrufung der Perlen durch Parasiten für das Wahrscheinliche halten und es wurde von uns bei den Süßwassermuscheln mit Eifer danach gesucht, aber vergeblich. Wir waren also zweifellos nach der Richtung der Parasitentheorie stark voreingenommen, kamen dann aber zu der gegenteiligen Anschauung, wie sie in *Rubbels* Arbeiten und meiner kurzen Mitteilung (1911) niedergelegt ist.

Hier ist noch nachzutragen, daß *Jameson* für Mytilus edulis den Standpunkt beibehält, welchen er in seiner früheren Publikation vertreten hatte: er spricht sich auch jetzt wieder dahin aus, daß für die Miesmuschel die Hervorrufung der Perlen durch (Trematoden-) Parasiten außer Frage sei. Überhaupt findet er schließlich doch noch, daß die Parasitentheorie auch für die marinen Perlmuscheln recht viel für sich habe (S. 329). Gerade aus der letzteren Bemerkung geht hervor, was übrigens von *Jameson* selbst betont wird, daß nämlich die Entstehung der Perlen noch immer nicht genügend geklärt und ein entschiedenes Bedürfnis vorhanden ist, für die verschiedenen perlenerzeugenden Muscheln, ganz abgesehen von den Schnecken, eine größere Übereinstimmung in der Auffassung des Bildungsmodus zu erzielen.

Wie gesagt sollte hier nur auf diejenigen Punkte der *Jameson*schen Arbeit eingegangen werden, welche für unsere Ausführungen vor allem in Betracht kommen; erwähnt sei nur noch, daß *Jameson* außer einer kritischen, ausführlichen Literaturbehandlung eine Darstellung von der Schalenstruktur und Schalenbildung bei den Perlmuscheln gibt, sowie von einer größeren Zahl verschiedenartiger Perlen deren Struktur beschreibt und ihre vermutliche Entstehung erörtert.

16. Literatur.

Aschoff L. und *Bachmeister A.*, Die Cholelithiasis. Jena 1909.

Biedermann W., Untersuchungen über Bau und Entstehung der Molluskenschalen. Jen. Zeitschr., 36. Bd., 1912.

Derselbe, Die Schillerfarben bei Insekten und Vögeln. Denkschr. Med. Naturw. Ges. (Festschrift für Haeckel). Jena 1904.

Boutan L., Les perles fines. Leur origine réelle. Arch. Zool. expér. gén., 4. sér., T. 2. 1904.

Breda de Haan J. van, Parelen in Cocosnooten. Teysmania, 4. Bd., S. 150. Batavia 1903.

Carl S., Die Flußperlmuschel und ihre Perlen. Karlsruhe 1910.

Carthaus E., Mestikas. Kölnische Zeitung, Nr. 15 (Sonntagsbeilage 5. Januar), 1908.

Claus C., Das Gehörorgan der Heteropoden. Arch. f. mikr. Anat., 12. Bd., 1876.

Derselbe, Untersuchungen über die Organisation von Branchipus etc. Arb. a. d. Zool. Inst. Wien, 6. Bd., 1886.

Cohn F., Über Tabaschir. Beiträge zur Biologie der Pflanzen, 1. Bd. Breslau 1887.

Diguet L., Sur la formation de la perle fine chez la Meleagrina. Compt. rend. Acad. Paris, T. 128, 1899.

Dubois R., Sur le mécanisme de la formation des Perles fines. Compt. rend. Acad. Paris, T. 133, 1901.

Derselbe, Sur le mécanisme sécrétoire producteur des perles. Ebenda, T. 138, 1904.

Derselbe, Sur les perles de nacre. Ebenda, Februar 1904.

Derselbe, Contributions à l'étude des perles fines de la nacre et des animaux qui les produisent. Ann. Univ. de Lyon, T. 29. 1909.

Derselbe, La clasmatose coquillière et perlière: son rôle dans la formation de la coquille des Mollusques et des perles fines. Compt. rend. Acad. Paris, T. 154, 1912.

Faussek V., Über den Parasitismus der Anodontalarven in der Fischhaut. Biol. Zentralblatt, 15. Bd., 1895.

Derselbe, Viviparität und Parasitismus. Zool. Anz., 27. Bd., 1904 und Mém. Acad. St. Petersburg, Math.-physik. Kl. (8), 13. Bd., 1903.

Filippi F. de, Sull' origine delle perle. Übersetzt von *Küchenmeister.* Arch. f. Anat. u. Phys., 1856.

Harley G., The structural arrangement of the mineral matters in sedimentary and cristalline pearls. Proc. Roy. Soc. London, Vol. 45, 1889.

Harley G. and *Harley H. S.,* The chemical composition of pearls. Proc. Roy. Soc. London, Vol. 43, 1888.

Harms W., Biologie und Entwicklung der Flußperlmuschel. Zool. Anz., 31. Bd., 1907.

Derselbe, Postembryonale Entwicklungsgeschichte der Unioniden. Zool. Anz., 31. und 32. Bd., 1907, 1908; Zool. Jahrb., Abh. Anat., 28. Bd., 1910.

Hein W., Zur Frage der Perlbildung in unseren Süßwassermuscheln. Allg. Fischerei-Ztg., Nr. 8. 1911.

Herbers C., Entwicklungsgeschichte von Anodonta. Zeitschr. f. wiss. Zool. (wird 1913 erscheinen).

Herdman W. A., Presidential Address (Zusammenstellung der älteren und neueren Anschauungen über die Entstehung der Perlen). Proc. Linn. Soc. London. Oct. 1905.

Derselbe, Report on the pearl oyster fisheries Ceylon. London, 1903 und 1906.

Herdman and *Hornell J.,* Pearl Production. Ebenda, 1906.

Hessling Th. v., Die Perlmuscheln und ihre Perlen. Leipzig 1859.

Jahn J. G., Die Perlenfischerei im Voigtlande. Ölsnitz 1854.

Jameson H. L., On the origin of pearls. Proc. Zool. Soc. London, 1902.

Derselbe, The formation of the pearls. Nature, Vol. 67, 1903.

Derselbe, Studies on Pearl-oysters and Pearls. The structure of the shell and the pearls of the Ceylon pearl oyster etc. Proc. zool. Soc. London 1912.

Kohl G., Anatomisch-physiologische Untersuchungen der Kalksalze und Kieselsäure in der Pflanze. Marburg 1889.

Koken E., Über Fischotolithen etc. Zeitschr. d. Deutschen Geol. Gesellsch., 36. Bd., 1884.

Korschelt E., Über Perlen und Perlenbildung bei Margaritana. Verhandl. d. Deutschen Zool. Gesellsch. Leipzig 1911.

Korschelt E. und *Heider K.,* Lehrbuch der vergleichenden Entwicklungsgeschichte. Jena 1893.

Krahelska M., Über den Einfluß der Winterruhe auf den histologischen Bau einiger Landpulmonaten. Jenaer Zeitschr. f. Naturwiss., 46. Bd., 1910.

Küchenmeister F., Über einige der häufigsten Ursachen der Elsterperlen. Arch. f. Anat. u. Physiol., 1856.

Kunz G. F. and *Stevenson C. H.,* The book of the pearl. London 1908.

Lefevre G. and *Curtis W. C.,* Reproduction and parasitism in the Unionidae. Journ. Exper. Zool., Vol. 9, 1900.

Dieselben, Studies on the reproduction and artificial propagation of fresh water mussels. Bull. of the bureau of fisheries, Vol. 30, 1910.

Dieselben. The implantation on the Glochidium of the fish. Univ. of Missouri Bull. Science Series, Vol. 2, 1911.

Mc Intosh, The story of the pearl. The Zoologist, 4. ser., Vol. VIII. London 1904.

Meisenheimer J., Die neueren Untersuchungen über die Entstehung der Perlen. Naturwissenschaftl. Wochenschr., 20. Bd., 1905.

Mitsukuri K., The cultivation of marine and fresh water animals in Japan. Bull. U. S. Bureau of fisheries. Department of Commerce and Labor. (1904) 1905.

Möbius K., Die echten Perlen. Programm der Realschule. Hamburg 1857.

Oijen J. F. van, Bijdragen tot de kennies van den Kokospalm (Cocos nucifera). S. 55. Kurze Notiz über Kokosperlen. Bull. Kolon. Museum Haarlem, Nr. 4, April 1909.

Rathbach R., Beiträge zur Kenntnis der Schale und Schalenregeneration von Anodonta cellensis. Zeitschr. f. wiss. Zool. 103. Bd., 1912.

Rubbel A., Über Perlen und Perlenbildung bei Margaritana margaritifera. Zool. Anz., 37. Bd. und Zool. Jahrb. (Anat. Abt.), 32. Bd., 1911.

Derselbe, Beobachtungen über die Bildung der Perlen bei Anodonta. Zool. Anz., 39. Bd., 1912.

Derselbe, Beobachtungen über das Wachstum der Margaritana margaritifera. Ebenda. 40. Bd., 1912.

Schoppe, Die Harnkügelchen bei Wirbellosen. Anat. Hefte, Abt. I, 7. Bd., 1897.

Seurat L. G., L'huitre perlière, Nacre et perles. Encycl. Scient. des Aide-Mémoire. Paris 1900.

Derselbe, La Nacre et la Perle en Océanie; pêche, origine, et mode de formation des perles. Bull. Mus. Océanogr., Nr. 75, 1906.

Southwell T., On the determination of the Adult of the pearl inducing worm. Ceylon Marine Biolog. Rep. P. IV, V (1910 u. 1911).

Derselbe, Physical and biological conditions on the pearl-banks. Ebenda P. V, 1911.

Derselbe, Some notes on the Ceylon pearl inducing worm. Spolia Zeylanica, Vol. VII, 1911.

Stübling R., Unechte und echte Perlen. Deutsche Goldschmiede-Zeitung, 11. Jahrg., Nr. 35, 1908.

Wiesner J., Die Rohstoffe des Pflanzenreichs. 2. Bd. (S. 796, Kieselkörper in Kokosnußschalen). Wien 1903.

Wilhelmy O., Die Fabrikation imitierter Perlen. Deutsche Goldschmiede-Zeitung, 10. Bd., Nr. 21, 1907.

Neuere Fortschritte in der Radiotelegraphie.[1]

Von **Gustav Eichhorn**, Zürich.

I. Erdantennen.

In der drahtlosen Telegraphie waren bekanntlich bisher zum Ausstrahlen bzw. Empfangen der Energie hoch in die Luft geführte Drähte nötig, sogenannte Antennen, die sich bei Großstationen zu gewaltigen Gebilden etwa in Harfen oder Schirmform, getragen von hohen Türmen, auswuchsen. Über die Vorgänge in der Antennenstrahlung und über die Art der Ausbreitung der Energie herrschte aber durchaus keine absolute Klarheit; besonders blieb die Frage, welche Rolle die Erde dabei spiele, eine vielumstrittene. Versuche, eine Art drahtlose Telegraphie unter Benützung der Erde auszuführen, waren schon früher wiederholt gemacht worden (es sind hier etwa die Namen *Rathenau, Lindsay, Bourbouze, Preece, Strecker, Orling, Armstrong* zu nennen), bei denen aber nicht mit Hochfrequenzschwingungen gearbeitet worden war. Letztere zum erstenmal für solche Erdtelegraphie, nach den ohne weiteres verständlichen Schaltungen gemäß Fig. 49—53 (D. R. P. Nr. 115.081, 1898), angewendet zu haben, ist ohne Zweifel das Verdienst von Prof. *Ferd. Braun*[2]), der dann aber wieder davon abgebracht wurde durch seine so erfolgreichen Arbeiten in der heute gebräuchlichen Methode der Radiotelegraphie. Bemerkenswert sind dann aus den Jahren 1903—1905 eine Reihe von Vorschlägen von Prof. *L. Zehnder*[3]) für Anordnungen, die ähnlich den *Braun*schen waren, jedoch mit ganz präzisen Angaben über die Länge[4]) der auszuspannenden Erdantennen im Verhältnis zur Wellenlänge; wie so häufig fanden diese

[1]) Vgl. Bd. III der „Fortschritte", S. 137 ff.

[2]) Vgl. *F. Braun*, Drahtlose Telegraphie durch Wasser und Luft. Leipzig 1901.

[3]) Einen neuen Gesichtspunkt für den Empfang mittelst drahtloser Telegraphie mit Erdströmen hat auch *Lecher*, Phys. Zeitschr., 4, 320, 1903, hervorgehoben: Wenn die Erde wesentlich an der Fortleitung der elektrischen Wellen beteiligt sei, so könne man die Zeichen eines Senders nach den bekannten Interferenzprinzipien auch dadurch auffangen, daß man im Abstand einer halben Wellenlänge zwei Metallplatten auf die Erde lege und dieselben über der Erde durch eine Drahtleitung verbinde, in der sich der Detektor, etwa der Kohärer, befinde.

[4]) *Braun* fand allerdings schon, daß die richtige „Abgleichung der Drahtlänge" für bestes Ansprechen des Empfängers wesentlich ist.

richtigen Ideen in der Praxis kein Entgegenkommen, und entscheidende Versuche wurden nicht gemacht.

Wie Prof. *Zehnder*[1]) angibt, machte er am 25. Januar 1903 dem Reichsmarineamt seinen ersten Vorschlag einer gerichteten drahtlosen Telegraphie mit zwei in gleicher Phase schwingenden Antennen S_1 und S_2, die um eine halbe Wellenlänge $\left(\frac{\lambda}{2}\right)$ der benutzten Wellen voneinander entfernt sind und von einem Induktor, von einem gemeinsamen primären Sendersystem erregt werden. Ferner machte er in demselben Jahre dem Reichsmarineamt den weiteren Vorschlag, mit einer Wechselstrommaschine S, die nach Fig. 54 an zwei um $\frac{\lambda}{2}$ voneinander entfernten Stellen geerdet

Fig. 49.

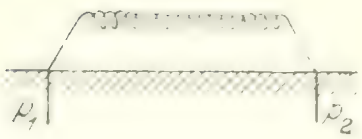


Fig. 50.

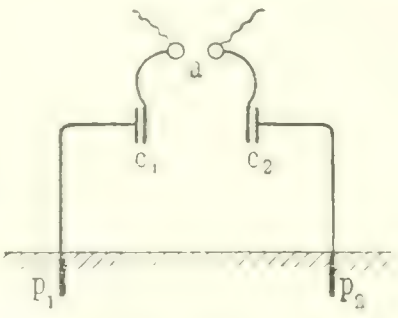


Fig. 51.

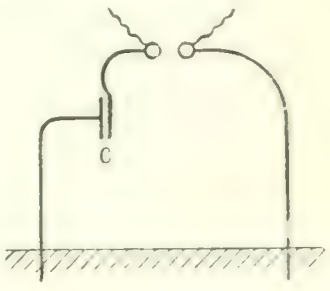


Fig. 52.

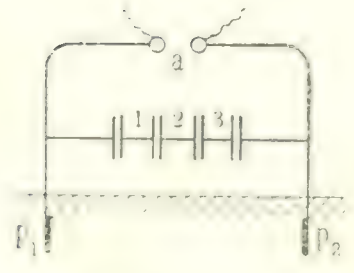


Fig. 53.

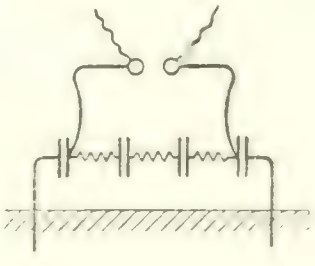
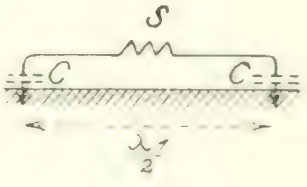


Fig. 54.



wird, Potentialschwankungen der Erde hervorzubringen, so daß wiederum eine gerichtete drahtlose Telegraphie (mit Erdströmen) zustande kommt.

Daß für den Abstand der beiden Erdungen diejenige halbe Wellenlänge genommen werden müsse, welche der Fortpflanzungsgeschwindigkeit elektrischer Wellen im Erdreich, nicht der in der Luft entspreche, wurde erst in der späteren österreichischen Patentschrift hervorgehoben.

Auch *Marconi* hat im Jahre 1896 für den Empfang eine Schaltung mit 2 Erdungen und einem Kondensator angegeben (englisches Patent Nr. 12.039, 1896) und folgendermaßen beschrieben: „Beim Empfänger ist es möglich, die Oszillationen von Erde oder Wasser ohne die (früher erläuterte) Platte W aufzunehmen. Dies geschieht, indem man die Enden der empfindlichen Röhre J (des Kohärers) mit zwei Erdungen verbindet, die

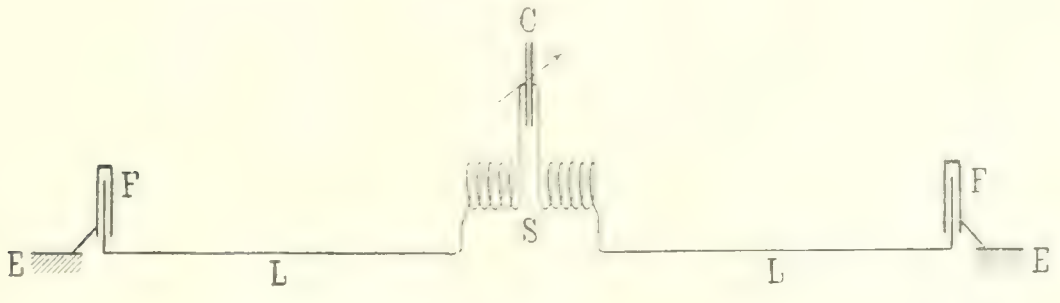
[1]) D. R. P. Nr. 178.861, 1906; Österr. Patent Nr. 26.404, 1905; Engl. Patent Nr. 10.601, 1905.

vorzugsweise in einem gewissen Abstand voneinander und in einer Linie mit der Richtung angeordnet werden, von welcher die Oszillationen herkommen. Diese Verbindungen sollen nicht durchweg leitend sein, sie müssen vielmehr einen Kondensator von geeigneter Kapazität enthalten, sagen wir von einer Quadratelle (one square yard) Oberfläche (mit paraffiniertem Papier als Dielektrikum)."

Es ist ohne weiteres einleuchtend, daß diese *Marconi*sche Schaltung von den *Zehnder*schen Anordnungen wesentlich verschieden ist.

Von verblüffenden Erfolgen sind dann in jüngster Zeit die im Auftrage des Kaiserl. Telegraphen-Versuchsamtes unternommenen Versuche mit Erdantennen von Dr. *Franz Kiebitz* (D. R. P. Nr. 227860, 1909) begleitet gewesen, die wahrscheinlich in vielen Fällen zu einer Beseitigung der ungeheuren Antennentürme führen können. Die *Kiebitz*schen Anordnungen haben ohne Zweifel viel Gemeinsames mit denjenigen von *Braun* und *Zehnder;* ich will aber auf den naturgemäß jetzt entbrannten Prioritätsstreit[1]) hier nicht eintreten: wer sich für die verschiedenen Darstellungen der Geschichte der Erdantennen nach *Kiebitz, Zehnder* und *Braun*

Fig. 55.



interessiert, sei unter anderen verwiesen auf H. 4 und 6, 1912 des von mir herausgegebenen Jahrbuches der drahtlosen Telegraphie und Telephonie[2]) sowie auf einen Artikel von Prof. *Braun* in der Frankfurter Zeitung Nr. 104 (2. Morgenblatt) vom 15. April 1912.[3]) Was nun die *Kiebitz*schen Versuche angeht, so wurde hauptsächlich folgendermaßen verfahren: In der Nähe von Berlin (bei Belzig) wurden um ein Stationshaus als Mittelpunkt Erdantennen verlegt in der Richtung NS. und OW. und eine in der Richtung NO.—SW. (Richtung nach der Radiostation Schöneberg). Die Erdanschlüsse (ca. 4 *m* tief versenkte Metallplatten) waren je 120 resp. 150 *m* vom Hause entfernt, so daß die gesamte Antennenlänge 240 resp. 300 *m* ausmachte. Die Empfangsvorrichtung (bzw. der erregende Schwingungskreis) befand sich im Stationshause. Als beste Schaltung bezeichnet *Kiebitz* die in Fig. 55 wiedergegebene: In der Mitte variabler

[1]) Die besonders heftige Polemik zwischen *Zehnder* und *Kiebitz* ist jetzt durch eine gemeinsame Erklärung (vgl. Ber. d. Deutschen Phys. Ges., **14**, 508, 1912) geschlossen worden.

[2]) Verlag Johann Ambrosius Barth, Leipzig.

[3]) Es sei auch auf die Versuche von *Löwy* und *Leimbach,* im Innern der Erde mit elektrischen Wellen zu telegraphieren, hingewiesen. Jahrbuch, **5**, 386, 1912.

Empfangskondensator, rechts und links Spulen, dann beiderseits gradlinige Leitung von den angegebenen Längen, am Ende je ein Kondensator, äußere Belegung an Erdanschluß geführt. Wesentlich die gleiche Anordnung diente für Senderversuche. Häufig konnten auch die Erdkondensatoren weggelassen werden und die „Verbindungsleitungen" frei endigen; bisweilen, je nach der Wellenlänge, war das Einschalten der Endkondensatoren günstig.

Das praktische Ergebnis der Versuche ist im wesentlichen das folgende: Es ergab sich gerichteter Empfang und — wenigstens für größere Entfernungen — auch gerichtete Ausstrahlung.[1]) In geeignet orientierten Antennen konnte Empfang konstatiert werden von Schöneberg (65 *km*), Swinemünde (230 *km*), von Norddeich (405 *km*) sehr stark „in allen Antennen"; ferner vom Eiffelturm, endlich konnte auch die Marconistation in Poldhu (1120 *km*) belauscht werden.

Sendeversuche (2 *KW* primäre Energie) gelangen nach Schöneberg und Swinemünde; mit einer 1270 *m* langen Antenne (einerseits frei endend, andrerseits durch Kondensator geerdet) auch schwach nach Norddeich.

Als wesentliche Bedingung bezeichnet *Kiebitz* die folgende: Spannungsbäuche an den Enden, Strommaximum in der Mitte der Antennen. Dies würde einer beiderseits frei endenden Leitung entsprechen. Die Strom- und Spannungsverteilung werden natürlich, wenn geerdete Kondensatoren an den Enden liegen, komplizierter und von den elektrischen Dimensionen abhängig.

Die angewandten Dimensionen stimmen offenbar mit der *Zehnder*schen Vorschrift überein, die kurz folgendermaßen lautete: $\frac{\lambda}{4}$ von der Stromquellenmitte bis zu den beiden Erdungen, in Wellenlängen λ auf Drähten gemessen und $\frac{\lambda_1}{2}$ von einer Erdung zur anderen, in Wellenlängen λ_1 der Erdsubstanz gemessen.

Bei den *Kiebitz*schen Versuchen wurde mit einem Abstand der Erdplatten von 240—300 *m* gearbeitet. Bei einem Brechungsexponenten von $n = 25$, wie man ihn für das Erdreich als Mittelwert gewöhnlich annimmt, entspricht diesem Abstand eine $2\,n = 5$mal so große Drahtwellenlänge, also $\lambda = 1200 - 1500\,m$, und tatsächlich wurde bei den genannten Versuchen des Telegraphen-Versuchsamtes der günstigste Wellenbereich von $\lambda = 1000—1500\,m$ für den Empfang festgestellt. Bei anderen Versuchen, bei denen die Zeichen über den Atlantischen Ozean von Kanada her gehört wurden, war die Entfernung der Erdungen $\frac{\lambda_1}{2} = 1270\,m$, welcher Abstand bei $n = 25$ für das Erdreich dem günstigsten Empfang einer

[1]) Es sei hier darauf hingewiesen, daß zuerst Prof. *J. Zenneck* hervorhob, daß die gerichtete Wirkung von *Marconis* geknickten Antennen, deren einer Arm horizontal zum Boden verläuft, nur durch die Annahme einer endlichen Leitfähigkeit der Erde erklärt werden könne.

Wellenlänge von $5 \cdot 1270 = 6350\ m$ entspricht, während $5800 - 6000\ m$ als Wellenlänge von *Glace Bay* ermittelt worden ist.

Was die Deutung der Versuche angeht, so empfiehlt sich darüber zunächst noch einige Zurückhaltung. Prof. *Braun* gab in seinem vorher zitierten Bericht (Jahrbuch, **5**, 586, 1912) seine Anschauung, wie man unter Berücksichtigung der auf dem Erdboden auftretenden sogenannten fingierten Ladungen in allgemeinen Zügen die Vorgänge, durch welche die Übertragung auf die entfernte Stelle geschieht, verstehen kann.

Wenn elektrische Wellen in Luft den Erdboden überstreichen, mit ihrer Front wesentlich senkrecht zum Boden gerichtet, so treten auf dem Boden sogenannte fingierte Ladungen auf, deren Größe aus dem Verhältnis der Dielektrizitätskonstanten der zwei aneinander grenzenden Mittel bestimmt ist. Indem abwechselnd positive und negative Ladungen in Abständen von einer halben Wellenlänge über den Boden hinwegstreichen, werden sie in einem parallel geführten Draht entsprechende Ladungen und damit unter gewissen Bedingungen elektrische Ströme erregen.

Für die Empfängerwirkung ist jedenfalls zu sagen, daß, wenn der elektrische Vektor E der Welle vertikal liegt, die Welle in einer durch den Draht s gelegten Ebene (E, s) fortschreitet, und bildet der Draht s den Winkel β mit dem elektrischen Vektor, so reagiert der Draht auf die Komponente $E \cos \beta$.

Für die Anlage wagerechter Antennen scheint es von untergeordneter Bedeutung zu sein, ob sie unter die Erdoberfläche verlegt werden oder in einiger Höhe geführt sind, ebenso ob Erdanschlüsse verwendet werden oder nicht.

Kiebitz interpretiert den Ausbreitungsvorgang unter dem Gesichtspunkt, daß sich *Hertz*sche Wellen in der Atmosphäre und Ladungswellen auf der Erde gegenseitig bedingen. Zur Erklärung der Wirkungsweise von Sendern und Empfängern, die ohne Luftleiter arbeiten, vervollständigt er die *Lecher*sche Ausbreitungstheorie [1]) durch die Theorie [2]), daß sich Erdantennen verhalten wie metallische Einlagerungen in einem Halbleiter: diese Einlagerungen zeigen selektive Leitfähigkeit für Wellen von bestimmter Frequenz; darum können stehende Wellen in ihnen erzeugt werden. Bei genügender Ausdehnung zeigen sie Strahlungsvermögen. Diese Theorie hat auch durch die zahlreichen Versuche von *Löwy* und *Leimbach* [3]), im Innern der Erde mit elektrischen Wellen zu telegraphieren, eine Stütze erfahren.

Braun gelangt noch zu folgenden Überlegungen:

„Denkt man sich einen Draht, in einer halben Wellenlänge schwingend, von einem unendlich ausgedehnten homogenen Dielektrikum allseitig umgeben, so findet bekanntlich keine Strahlung in der Richtung der Achse

[1]) *E. Lecher*, Phys. Zeitschr., **3**, 273, 1902 und **4**, 320, 1903.

[2]) *F. Kiebitz*, Ann. Phys. (4), **32**, 974, 1910 (vgl. auch ebenda S. 967 und Verh. d. Deutschen Phys. Ges., **10**, 935, 1908).

[3]) *Löwy* und *Leimbach* l. c.

statt. Nach den obigen Ergebnissen ist aber bei Erdantennen in dieser Richtung Energieübertragung in besonders starkem Maße vorhanden. Diese Energieübertragung muß auch den Charakter einer Strahlung tragen, falls man unter ihr einen Vorgang versteht, der an die folgende Bedingung gebunden ist. Die Energie, welche in einem Störungsgebiet vorhanden ist, soll (für den einfachsten Fall, nämlich einer Strahlung, die nur in einer Richtung, etwa akustisch in einer Luftsäule oder optisch in der Achse eines Hohlspiegels erfolgt), sich nicht zerstreuen, sondern sich immer nur auf ein weiteres gleich großes Gebiet übertragen, so daß die Energiedichte ungeändert bleibt. In unserem Falle wird die Energie sich flächenhaft ausbreiten, sie wird auch unterwegs durch Absorption geschwächt. Wenn aber trotz dieser schwächenden Ursachen noch so beträchtliche Wirkungen auf so große Entfernungen vorhanden sind, so beweist dies unzweifelhaft, daß die Übertragung den Charakter einer Strahlung trägt.

Vergleicht man damit das oben erwähnte Ergebnis der Theorie, so muß man schließen, daß nur die Abweichungen der tatsächlichen Verhältnisse von den der theoretischen Behandlung zugrunde gelegten Annahmen die Beobachtungen erklären können. Diese Abweichungen sind aber, soweit ich sehe, in zwei und nur in diesen zwei Formen vorhanden: 1. wir haben hier die Antennen in der Grenzfläche zweier verschiedener Dielektrika (Luft und Boden), 2. sie ist in der Nähe eines Leiters, des Grundwassers.

Ich will mit dieser zweiten Bedingung anfangen: sie würde zurückführen auf die Bedingungen meiner Versuche — es würde sich um eine Ausbreitung längs einer Fläche handeln, welche hohe Dielektrizitätskonstante neben mehr oder weniger gutem Leitvermögen besitzt. Denkt man sich aus derselben einen einzigen Streifen herausgeschnitten, ausgedehnt in der Richtung parallel zur Antenne, so wäre die Erscheinung qualitativ ähnlich der der Ausbreitung elektrischer Wellen an Drähten. Die Welle gleitet beim guten Leiter fast ausschließlich an dessen Oberfläche, ihre Energie bleibt zusammengehalten. In unserem Falle dringt sie bis zu Tiefen von einem oder einigen Metern ein. Dieser Fall würde etwa realisiert sein, wenn man längs eines Gebirgsbaches die Zeichen verschickt. Ist die Fläche nach zwei Dimensionen ausgedehnt, so läßt sich nur an der Hand einer durchgeführten Theorie etwas Bestimmtes aussagen. — Leitfähigkeit und dielektrische Eigenschaften bestimmen zusammen die Vorgänge in den Mitteln, die hier vorliegen.

Bei Wasser macht sich die Dielektrizitätskonstante für Wellen, welche etwa 1700 *m* (in Luft) lang sind, ebenso stark geltend wie das Leitvermögen. Für kleinere Wellen überwiegt die Eigenschaft des Dielektrikums.

Je höher die Frequenz der Schwingungen ist, desto stärker wird die elektromagnetische Wirkung der in ihnen auftretenden dielektrischen Polarisation. Man könnte nun denken, und damit komme ich zur Besprechung der ersten Bedingung, daß an der Grenzfläche Luft- Erde die periodisch wechselnde dielektrische Polarisation, welche in der Richtung

der Erdplatten auftritt, ähnlich wie der Strom in einem Leiter wirkt und sich so auch in der Drahtrichtung eine Welle nach außen über die Grenzfläche fortpflanze. Eine wesentliche Beteiligung eines derartigen Vorganges scheint mir aber schon in Anbetracht der geringen Frequenzen, welche benutzt wurden, ausgeschlossen."

Ganz neuerdings äußert sich in der Elektrotechnischen Zeitschrift[1]) Dr. *W. Burstyn* über die Wirkungsweise der Erdantennen in Ausführungen, die mir sehr zutreffend zu sein scheinen. Er geht aus von einem Paar Richtantennen, die auf gut leitender Erde im Abstande einer halben Wellenlänge angeordnet sind und in entgegengesetzter Phase schwingen. Wie schon ausgeführt, geben dieselben infolge von Interferenz ein Maximum ihrer Strahlung in der Verbindungslinie. Mit ihren durch die Erdoberfläche gelieferten Spiegelbildern stellen diese beiden Luftdrähte im wesentlichen einen doppelten Dipol dar. Dasselbe strahlende System erhält man aber auch durch einen einzigen horizontalen Luftdraht, wie er von *Marconi* in seinen geknickten Antennen zum Zwecke gerichteter Telegraphie bekanntlich verwendet wird. Die Höhe der tragenden Maste darf dabei nicht zu klein sein, weil sonst der Abstand des Spiegelbildes der Antenne, also das Moment der Dipole, und somit ihre Fernwirkung, zu gering würde. Denkt man sich aber das ganze Gelände bis zur Spitze der Maste mit einer Schicht von Sand oder trockener Erde bedeckt, so bleibt die Entfernung der Spiegelbilder dieselbe, denn die Spiegelung findet nicht an der neuen Erdoberfläche statt, sondern nach wie vor an der alten Grenze, die in der Praxis ohne Zweifel eine gut leitende Schicht des Grundwassers ist. Die darüber befindliche Erdschicht muß also, um eine möglichst geringe Leitfähigkeit aufzuweisen, möglichst trocken sein, wie es tatsächlich ja durch den sandigen Boden in den *Kiebitz*schen Versuchen realisiert war. Nach dieser Vorstellung müßten „Erdantennen" knapp über der Meeresoberfläche direkt versagen. Durch Betrachtung der Dämpfungsverhältnisse zeigt *Burstyn*, daß für „trockenen Boden", für den *Eickhoff* den spezifischen Widerstand $s = 10^6$ fand, bei einer Wellenlänge von 1000 *m* schon eine Dämpfung von dem hohen Wert $\varrho = 3$ herauskommt, was eine fast aperiodische Schwingung bedeutet; die Wellen verlassen also kaum die Station. Die Fernwirkung kann daher nicht von den Kraftlinien des Erdfeldes, sondern hauptsächlich nur von jenen des Luftfeldes der Erdantenne herrühren. Diese für den Sender angestellten Betrachtungen gelten in voller Reziprozität auch für den Empfang. Die Strahlung einer Erdantenne kommt also dadurch zustande, daß ihr elektrisches Spiegelbild nicht von der Oberfläche der Erde, sondern vom Grundwasserspiegel geliefert wird. Bestimmte Bodenverhältnisse sind demnach für die Anwendung von Erdantennen Bedingung. Die Fortpflanzung der Wellen erfolgt nicht durch die Erde, sondern durch die Luft. Nach dieser Vorstellung

[1]) H. 24, 1912. Wegen weiterer Ausführungen von *Burstyn* hierüber s. auch Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie, Hefte 1 u. 3 (Bd. VI), 1912, ebenda Heft 1 auch eine neuere Mitteilung von *Kiebitz*.

bleibt es dann auch nicht mehr unerklärt, warum bei Erdantennen die Strahlungsrichtung in Richtung der Antenne, also senkrecht zu der beim gewöhnlichen *Hertz*schen Oszillator gefundenen, liegt.

Burstyn ergänzt dann diese Anschauung durch eine weitere Mitteilung wie folgt:

„Inzwischen habe ich gefunden, daß eine derartige Zusammensetzung der oberflächlichen Erdschichten zwar die günstigste, aber nicht die einzige ist, welche für die Anwendung der Erdantenne vorausgesetzt werden muß. Es genügt vielmehr — und dieser Fall ist mindestens ebenso häufig —, daß die Erde bis in größere Tiefen ein mittleres Leitvermögen besitzt, also die elektrischen Wellen stark absorbiert. Über einem solchen Gelände stehen bekanntlich die elektrischen Kraftlinien der von einem weit entfernten Sender herrührenden und im Sinne des Pfeiles fortschreitenden Wellen nicht senkrecht zur Erdoberfläche, sondern bilden mit der Vertikalen einen Winkel α. Unter der Erdoberfläche ist der Einfallswinkel β entsprechend dem Brechungsgesetze größer.

Die Folge davon ist, daß die Antenne nicht senkrecht, sondern schräg auf der Niveaufläche der Kraftlinien steht, also eine Komponente derselben aufzunehmen vermag, genau so wie ein schräg gezogener Luftdraht über einer gut leitenden Erdoberfläche. Der für die Komponente maßgebende Winkel ist, gleichgültig ob die Antenne eine etwas höhere oder niedrigere Lage einnimmt, weder α noch β, sondern liegt zwischen beiden, wahrscheinlich näher α. Er entspricht nämlich dem mittleren Winkel, unter welchem sich das Strahlungsfeld der (als Sender gedachten) Erdantenne mit dem ankommenden Felde in Luft und Erde schneidet. Ein Optimum für die Aufnahmefähigkeit der Antenne wäre zu erwarten, wenn dieser Winkel 45° beträgt. Ob jemals und unter welchen Bedingungen diese Größe erreicht wird, müßte von einem Mathematiker untersucht werden.

Die Richtungswirkung der Erdantenne ist ohne weiteres klar; denn würde sie in derselben horizontalen Ebene um 90° verdreht sein, so würde sich für sie trotz der Schrägheit des Kraftfeldes keine Komponente ergeben.

Die Erdantenne wurde — im Gegensatze zur früheren Abhandlung — diesmal zunächst als Empfänger betrachtet. Reziprozität zwischen Sender und Empfänger ist auch bei den hier besprochenen Vorgängen anzunehmen. Selbstverständlich strahlt aber eine symmetrische Erdantenne nach beiden Richtungen gleichmäßig. Sie ist nichts anderes als ein Grenzfall des doppelten geknickten Senders für gerichtete Telegraphie nach *Marconi*, und die für solche Sender von *Zenneck* gegebene, für diese wohl nicht ausschließlich zutreffende Erklärung, dürfte hier vollkommene Gültigkeit besitzen.

Die beiden Fälle, daß die Wirkung einer Erdantenne durch Reflexion am Grundwasserspiegel, und daß sie durch Absorption in den oberen Erdschichten zustande kommt, sind nicht scharf zu trennen, sondern gehen stetig ineinander über. Die Fortpflanzung der Energie von der Sendestation erfolgt aber in beiden Fällen, ebenso wie beim gewöhnlichen Luftdrahte, nicht durch die Erde, sondern durch die Luft. Aus diesem Grunde kann

auch die Erdantenne nicht die erhoffte vollständige Freiheit von atmosphärischen Störungen bieten."

Außer diesen plausiblen Erklärungen auf Basis von *Hertz*schen Wellen kommt aber höchstwahrscheinlich auch noch eine andere Theorie in Betracht, nämlich die der sogenannten Oberflächenwellen nach Prof. *Sommerfeld*; das am meisten interessierende Resultat derselben sagt aus, daß, wenn eine gewisse Beziehung zwischen den Dielektrizitätskonstanten und Leitfähigkeiten der zwei Medien besteht, wir nicht nur elektromagnetische Wellen durch den Raum (Raumwellen) haben, sondern auch noch Wellen an der Oberfläche (Oberflächenwellen[1]). Die Raumwellen variieren in der Amplitude umgekehrt proportional mit der Entfernung und ihre Energie umgekehrt proportional wie das Quadrat der Entfernung. Die Oberflächenwellen aber variieren in Amplitude umgekehrt proportional wie die Quadratwurzel aus der Entfernung und ihre Energie umgekehrt proportional mit der Entfernung. Auf große Entfernungen werden also die Oberflächenwellen dominieren. Weiter noch hat *Sommerfeld* gezeigt, daß eine Vergrößerung der Wellenlänge günstig für die Ausbreitung der Wellen auf große Entfernungen ist, ferner daß die Oberflächenwellen rings um die Erdkrümmung sich ausbreiten, während die Raumwellen bis zu einem geringeren Grade sich in das Schattengebiet erstrecken. In diesen Oberflächenwellen kann also sehr wohl auch eine Erklärung der von *Kiebitz* beobachteten Wirkungen liegen.[2])

Diese merkwürdigen Versuche mit Erdantennen zeigen wieder, welche Fundgrube sowohl in wissenschaftlicher wie in praktischer Hinsicht die Radiotelegraphie der Forschung immer noch bietet.

II. Hochfrequenzmaschine.

Darauf weist auch wieder eine neue Erfindung des verdienstvollen technischen Leiters der deutschen Telefunkengesellschaft Graf *Arco* hin. Über Einzelheiten kann leider aus Patentrücksichten noch nicht berichtet werden. Es handelt sich um eine Hochfrequenzmaschine zur direkten Erzeugung elektrischer Wellen zu Zwecken der drahtlosen Telegraphie und Telephonie, welche sich nicht wesentlich von einer gewöhnlichen Wechselstrommaschine unterscheidet.

Trotzdem ist es mit einer derartigen einfachen Maschine ohne weiteres möglich, beliebige Energiemengen mit Frequenzen von 15000 bis

[1]) *A. Sommerfeld*, Über die Ausbreitung der Wellen in der drahtlosen Telegraphie. Ann. Phys., **28**, 665, 1909. Es sind dies übrigens ganz analoge Verhältnisse wie bei den bekannten beiden Arten von mechanischen Wellen, welche bei Erdbeben im Erdboden auftreten.

[2]) Beide Wellenarten werden aber nur als zwei verschiedene Teile der Störung im Weltäther aufgefaßt. Deutlicher wird dies noch durch die Betrachtung der Kraftliniendiagramme eines sich ausbreitenden Antennenfeldes nach *P. Epstein*, Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie, **4**, 176, 1910.

120000 und somit die für größere drahtlose Stationen erforderlichen Wellenlängen von 20000 *m* bis herunter zu 2500 *m* zu erzeugen.

Angeregt wurde Graf *Arco* zu seinen Arbeiten auf diesem Gebiete durch die vor $1^1/_2$ Jahren Aufsehen erregende Erfindung der *Goldschmidt*schen Hochfrequenzmaschine, über die ich in einem früheren Aufsatze in dieser Zeitschrift [1]) ausführlich berichtet habe; ich wies auch auf gewisse Schwierigkeiten hin, mit denen die Realisierung des theoretisch ingeniösen Prinzips im praktischen Radiotelegraphiebetrieb zu kämpfen haben würde. Graf *Arco* schlug deshalb einen einfacheren Weg ein, und die von ihm und seinen Mitarbeitern nach achtzehnmonatlicher unermüdlicher Tätigkeit hergestellte Maschine unterscheidet sich von allen bisher erfundenen Hochfrequenzmaschinen dadurch, daß sie mit normaler Tourenzahl beliebig hohe Frequenzen erzeugt und dabei einfach und billig in der Fabrikation ist.

Die ersten Maschinen sind von der A. E.-G. gebaut und bereits von mehreren deutschen Behörden im Betrieb besichtigt worden; ferner hat Graf *Arco* seine Erfindung dem internationalen Kongreß für Radiotelegraphie, welcher kürzlich in London [2]) tagte, vorgeführt. Eine weitere im Bau befindliche Maschine für 500 *KW*-Leistung ist für die Telefunken-Großstation Nauen bestimmt.

III. Telefunkenkompaß. [3])

Seitdem man es erreicht hatte, die sogenannte „gerichtete“ [4]) Radiotelegraphie auszubilden, d. h. die elektrischen Wellen in eine bestimmte Richtung (wenigstens innerhalb eines gewissen Winkels) zu entsenden bzw. aus einer gewissen Richtung zu empfangen, konnte auch ein äußerst schwieriges Problem gelöst werden, das darin besteht, für Schiffe, Lenk- und Freiballons u. dgl. ihre augenblickliche Stellung oder ihren Kurs bei unsichtigem Wetter festzustellen. Man fand eine Reihe von Lösungen, die indessen bisher nie so befriedigten, daß sie zu einer erheblichen praktischen Anwendung führten. Die Aufgabe, etwas genauer präzisiert, besteht darin, die relative Lage einer beweglichen drahtlosen Station zu einer oder zu mehreren festen Stationen durch irgend eine Messung aufzufinden. Zwei prinzipiell verschiedene Wege erschienen von vornherein gangbar. Der eine bestand darin, daß die bewegliche Station, die sich orientieren will, nach den festen Stationen hin Signale sendet und die festen Stationen rückmelden, aus welcher Richtung sie die Signale aufgenommen haben. Es wird also die eigentliche Ortsbestimmung hierbei in den festen Stationen ausgeführt und das Resultat auf drahtlosem Wege der beweg-

[1]) Bd. III, S. 195 ff.

[2]) 4. Juni bis 5. Juli

[3]) Nach der Schrift „Telefunkenkompaß“ der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Berlin.

[4]) Vgl. Bd. III der Fortschritte, S. 200 ff.

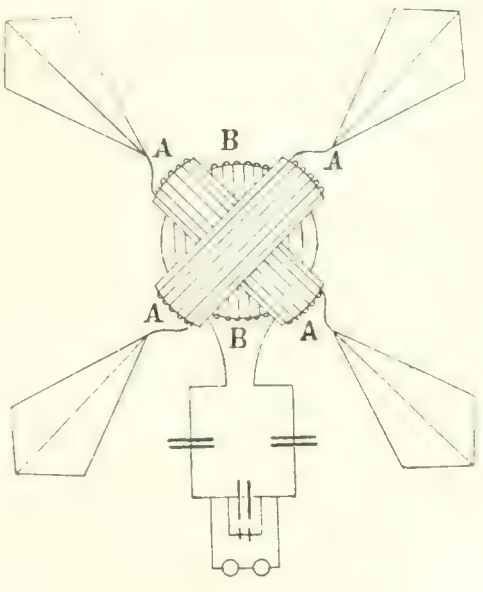
lichen Station mitgeteilt. Das zweite Verfahren besteht darin, daß die festen Stationen Signale geben und die beweglichen feststellen, aus welcher Richtung die Signale bei ihr ankommen.

Bei beiden Verfahren ist es selbstverständlich notwendig, daß die eine der Stationen, also entweder die feste oder die bewegliche, die elektrischen Fernwirkungen nicht nach allen Seiten gleichmäßig abgeben bzw. aufnehmen, sondern mit gerichteter Telegraphie arbeiten.

Eine Richtunggebung wird bekanntlich durch besondere, nicht symmetrisch angeordnete Antennen ermöglicht, welche einseitig wirken. Solche Antennen sind wesentlich komplizierter als ungerichtete symmetrische und beanspruchen eine größere Installationsfläche bzw. einen größeren Installationsraum. Dieser ist aber bei beweglichen Stationen, auf Schiffen oder in Lenk- und Freiballons selten vorhanden. Solche Antennen bilden in jedem Falle eine höchst unvollkommene Komplikation, die nicht ohne störenden Einfluß auf die Betriebsverhältnisse des Schiffes oder des Ballons bleibt. Es folgt hieraus, daß Aussicht für erhebliche praktische Anwendung nur eine Methode haben kann, welche bei der beweglichen Station auf die Anbringung gerichteter Antennen verzichtet.

Trotz dieser Sachlage ist, wenn auch vereinzelt, bei der französischen Handelsflotte eine Anordnung eingeführt worden, welche mit gerichteten Antennen an Bord der Schiffe arbeitet, und zwar mit zwei Doppelantennen, deren Ebenen im Winkel von 90° gekreuzt sind. Es ist dies die Anordnung[1]) von *Bellini-Tosi*, bei welcher der Empfangsapparat mit der eben beschriebenen Antenne unter Zwischenschaltung eines sogenannten „Radiogoniometers“[2]) verbunden ist.

Fig. 56.



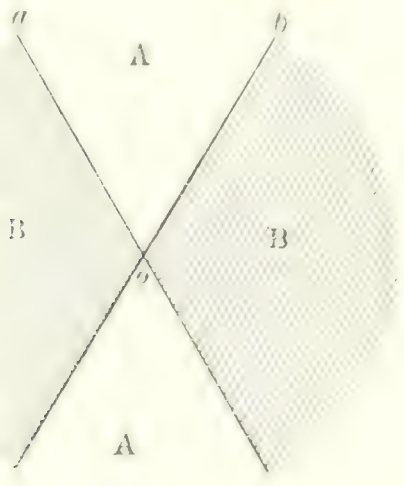
Es sei mit einigen Worten an die Anordnungen für gerichteten Empfang nach *Bellini-Tosi* erinnert. Die Wirkungen der Richtantennen nach *Brown-Blondel* setzen sich im Radiogoniometer zusammen und geben eine resultierende Richtungswirkung, die mit derjenigen des Senders zusammenfällt bzw. davon nach einem bekannten Gesetz abhängt. Das Empfangsradiogoniometer ist gebildet aus zwei gleichen und zu einander senkrechten Spulen *AA*, Fig. 56, von denen jede in der Mitte des horizontalen Leiters eines Luftleitergebildes eingefügt ist. Im Innern dieser beiden Spulen befindet sich eine dritte drehbare Spule, die an die Empfangsapparate (Detektor, Tele-

[1]) Diese Anordnung ist jetzt durch Erwerbung der Patentrechte auch von *Marconi* angenommen worden unter der Bezeichnung: „Drahtlose Bussole“.

[2]) Vgl. Bd. III der Fortschritte, S. 202.

phon, Kondensator etc.) angeschlossen ist. Wenn eine Sendestation sich gerade in der Ebene eines der Luftleitergebilde befindet, so muß man die bewegliche Spule parallel zu der festen Spule orientieren, an welche dieser Luftleiter angeschlossen ist, um maximale Empfangsintensität zu erzielen. Wenn der Sender in irgend welcher Richtung sich befindet, so sind die beiden festen Spulen von schwingenden Strömen durchlaufen, deren Intensitäten von den Winkeln abhängen, welche diese Richtung mit den Ebenen der beiden Luftleitergebilde bildet. Jede dieser beiden Strömungen erzeugt ein magnetisches Feld: indem man die Achse der beweglichen Spule mit der Richtung des resultierenden magnetischen Feldes zusammenfallen läßt, erreicht der Empfang seine maximale Intensität. Für jede Richtung des Senders existiert also eine Orientierung der beweglichen Spule, für welche der Empfang von maximaler Intensität ist.

Fig. 57.



Man hat gemäß Fig. 57 zwei Empfangszonen AA, die gleich sind und um 180° voneinander abstehen und zwei gleiche und entgegengesetzte Zonen BB, in denen man nicht empfängt. Die Breite der Empfangszonen wächst mit wachsender Empfangsintensität und beträgt im Mittel 60°. Es ist im allgemeinen schwierig, die Richtung maximaler Intensität ganz genau festzustellen. Man bestimmt besser die beiden Grenzrichtungen oa und ob einer der Empfangszonen und nimmt dann das Mittel, welches die Richtung des Senders angeben wird.

Es kam zuerst die Lösung des Problems in Frage, daß Küstenstationen mit Richtantennen ihre Feststellungen an Schiffe mit gewöhnlichen Antennen übermitteln.

In einer letztjährigen Veröffentlichung[1]) geben *Bellini* und *Tosi* eine Tabelle über die Resultate ihrer Versuche nach dieser Methode, die ohne Zweifel den Vorzug großer Reichweiten hat, da der Entwicklung der Antennen keine engen Schranken gesetzt sind, die aber ersichtlich in sich sehr beschränkt ist.

Eine zweite Lösung besteht in der Ausrüstung der Schiffe mit Richtantennen. Die vorhin erwähnte Veröffentlichung gibt mehrere Tabellen von Versuchsreihen nach dieser Methode, die eine gute Übereinstimmung der Angaben des *Bellini-Tosi*-Kompaß mit der tatsächlichen Kursrichtung der Schiffe erkennen lassen.

Die Orientierung der Schiffe erfolgt hier in der Weise, daß sie beim Vorbeifahren an den Küstenstationen durch Drehung des Radiogoniometers feststellen, aus welcher Richtung die Signale der festen Stationen am

[1]) La „Lumière électrique", Nr. 21, 27. Mai 1911.

stärksten oder am schwächsten eintreffen. Mit Hilfe der Karte, auf welcher die festen Stationen eingezeichnet sind, läßt sich auf diese Weise eine Ortsbestimmung der Empfangsstation ausführen. Der Nachteil dieser Anordnung besteht einmal darin, daß die Schiffsstationen unbequeme und komplizierte Antennen und unnormale Empfangsapparate einführen müssen, und andrerseits, daß eine individuelle verschiedene Eichung dieser „Kompaßeinrichtung" bei jedem einzelnen Schiff ausgeführt werden muß. In Rücksicht nämlich auf die geringen Breitenmaße der Schiffe, die nur kleine Antennengebilde zulassen, sind für das *Bellini-Tosi*-Verfahren sehr kurze Wellenlängen notwendig. Kurze Wellen haben aber bekanntlich die Eigenschaft, von leitenden Flächen leicht reflektiert und damit aus ihrer ursprünglichen Richtung gebracht zu werden. Ein großes Schiff mit seinen gewaltigen Metallmassen besitzt stets zahlreiche Möglichkeiten der Reflexion und die so hervorgerufenen Abweichungen müssen durch individuelle Eichung (ähnlich wie beim Magnetkompaß) beseitigt werden.

Wesentlich einfacher und zweckmäßiger erscheint demnach für die praktische Einführung das andere Verfahren, wonach feste Stationen gerichtete Signale senden und der bewegliche Empfänger, mit einer ungerichteten Antenne ausgerüstet, die Richtung feststellt, aus welcher die Signale kommen. Die eben angeführten Überlegungen hat vor 2—3 Jahren bereits das preußische Ministerium der öffentlichen Arbeiten angestellt und hat dementsprechend ein Verfahren ausgearbeitet. Monatelange Versuche wurden in der Nähe Berlins am Müggelsee angestellt und hierbei an zwei festen Punkten Sender mit gerichteten Antennen errichtet, welche aus sehr vielen einzelnen Drähten bestanden. Die Senderantenne bestand beispielsweise aus 32 niedrigen Masten, welche auf den Umfang eines Kreises von etwa 200 *m* Durchmesser in gleichen Abständen aufgestellt waren. Von je zwei gegenüberliegenden Masten wurden die Zuleitungen zu dem in der Mitte des Kreises befindlichen Apparatenraum geführt. Die Senderapparate wurden nun zeitlich nacheinander mit jedem dieser Antennenpaare verbunden und von jedem Antennenpaar aus ein anderer Buchstabe oder ein anderes Signal abgegeben. Befand sich ein gewöhnlicher Hörempfänger mit ungerichteter Antenne in der Ebene des Mastpaares, mit welchem in dem betreffenden Augenblick gearbeitet wurde, so erhielt dieser Empfänger die Maximalenergie. Das Mastenpaar arbeitet nämlich mit einer solchen Wellenlänge, daß die Wirkung, welche von dem vorderen und von dem hinteren Maste mit entgegengesetzter elektrischer Phase ausgeht, sich in dieser Ebene addiert. (Die halbe Wellenlänge war annähernd gleich dem Mastabstand gewählt worden.) Befindet sich dagegen der Empfänger genau senkrecht zu der Ebene des benutzten Mastenpaares, so treffen gleichzeitig die beiden von den Masten ausgehenden und in entgegengesetzter Phase schwingenden elektrischen Senderwirkungen auf den Empfänger und heben sich auf. Die Anordnung wurde so gewählt, daß mit jedem Antennenpaar und damit bei jeder Raumstellung ein anderer Buchstabe abgegeben wurde. Der Emp-

fänger mußte nun im Telephon feststellen, welcher Buchstabe am leisesten oder am lautesten ankam. Auf einer Karte werden die Orte des Senders eingezeichnet, ferner die einzelnen Antennenpaare und die verschiedenen Buchstaben der einzelnen Antennenpaare. Sind zwei solcher Sender in bestimmten Abständen vorhanden, so kann der Empfänger die beiden zugehörigen Richtungen feststellen und diese dann auf der Karte so einzeichnen, daß der Schnittpunkt dieser Linie seine augenblickliche Stellung angibt. Bei diesem Verfahren war der Telegraphist genötigt, einerseits die Lautstärke verschiedener Signale sich zu merken, andrerseits aber auch den zugehörigen Buchstaben. Je mehr Antennen benutzt wurden, um so zahlreichere Signale mußte aber der Telegraphist auseinanderhalten.

Von diesen Versuchen ausgehend, hat Telefunken eine neue Methode ausgearbeitet. Die Tätigkeit des Telegraphisten ist hierbei erheblich erleichtert. Die Sendereinrichtung ist im großen und ganzen beibehalten, nur wird der eben beschriebenen gerichteten Senderantenne noch eine zweite ungerichtete hinzugefügt. Stets vor Beginn der Arbeit des gerichteten Senders wird der Senderapparat an die ungerichtete Antenne geschaltet und es wird mit dieser ein kurzes Signal, das im folgenden als „Zeitsignal“ bezeichnet werden soll, abgegeben. Alsdann wird durch eine automatische Schaltvorrichtung der Sender mit den einzelnen gerichteten Antennenpaaren verbunden und gibt in zeitlich regelmäßigen Abständen mit jeder der gerichteten Einzelantennen ein kurzes Zeichen. Dieses Zeichen ist für alle gerichteten Antennen das gleiche. Die gerichteten Signale beginnen stets mit einer bestimmten Antenne, z. B. der Nord-Südantenne, und gehen dann im Sinne des Uhrzeigers mit konstanter Geschwindigkeit der Stoppuhr.

Der normale Empfänger der sich orientierenden Station erhält einen neuen Zusatzapparat in Gestalt einer mit der Drehgeschwindigkeit des Senders synchronen Anzeigevorrichtung. Diese ist als „Stoppuhr“ ausgeführt, welche nicht in Grade geteilt ist, sondern in Himmelsrichtungen wie eine Windrose. Der Anfangspunkt der Stoppuhr ist mit derjenigen Himmelsrichtung bezeichnet, mit welcher der gerichtete Sender seine Drehbewegung anfängt, also in unserem Falle beispielsweise mit der Nord-Süd-Richtung. Der Telegraphist hört das Zeitsignal des Senders, drückt auf die Stoppuhr, so daß der Zeiger seine Bewegung anfängt. In diesem Moment gehen vom Sender gerichtete Signale in der Nord-Süd-Richtung aus und die Zeigerdrehung der Stoppuhr beginnt. Hört der Telegraphist das Minimum der Lautstärke, so arretiert er die Stoppuhr. Ihr Zeiger steht dann auf derjenigen Richtung, in welcher der Sender das mit minimaler Lautstärke angekommene Signal abgab.

Die Umdrehungsgeschwindigkeit des Senders bzw. der Stoppuhr beträgt eine halbe Minute, so daß beispielsweise in 5 Minuten 10 vollkommene Drehungen und demnach 10 vollkommene Messungen der Lautstärke ausgeführt werden. Der Mittelwert hat dann eine erheblich größere Genauigkeit, als bei einer einzigen Messung. Die Sendereinrichtungen er-

halten automatischen Antrieb, besonderes Bedienungspersonal ist daher unnötig. Die Tätigkeit des Telegraphisten an der Empfangsstation ist auf die Feststellung des Minimums der Lautstärke und auf das Ingangsetzen und Arretieren einer Stoppuhr beschränkt.

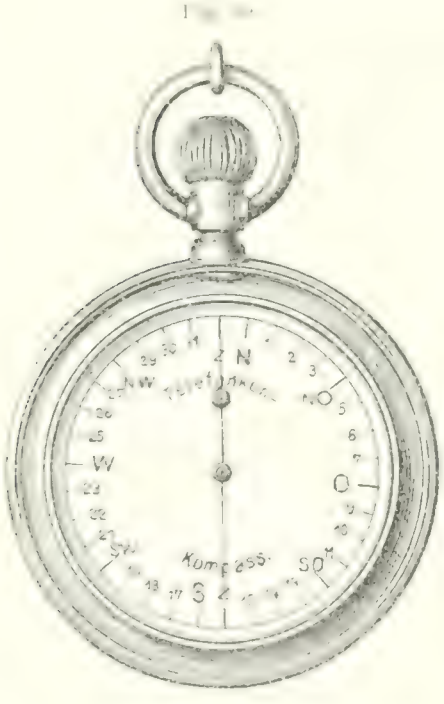
Fig. 58.

Ist nur ein fester Sender vorhanden, so läßt sich nur ungefähr die Richtung des beweglichen Empfängers zu diesem festlegen und es muß, wenn eine eindeutige Ortsbestimmung erzielt werden soll, noch eine Abstandsbestimmung von der festen Station hinzugefügt werden. Bei Schiffen auf See ist dies beispielsweise durch Lotungen oder dergleichen möglich. Sind zwei feste Stationen vorhanden, so werden vom Empfänger zwei Richtungsbestimmungen ausgeführt, diese auf der Karte eingetragen

und der Ort des Empfängers als Schnittpunkt der beiden Richtungen gefunden. Die Genauigkeit wird um so größer sein, je kleiner die Entfernung des Empfängers von der oder den festen Stationen ist und je mehr der beobachtete Richtungswinkel sich 90° nähert.

Nach den bisherigen Ergebnissen scheint es möglich zu sein, für einen festen Sender den Winkel bis auf 3 oder 4° genau zu bestimmen.

Die neuen von der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie für Richtungsbestimmungen ausgearbeiteten Apparate bestehen aus speziellen Sendeeinrichtungen mit besonderen Antennen. Dazu kommen besonders geeichte Stoppuhren für den sonst normalen Hör-Empfänger. Die ganze Einrichtung wird als „Telefunken-Kompaß“ [1]) bezeichnet. Die Abbildungen Fig. 58 und 59 zeigten das Modell der Senderantenne und die zugehörige Form der Stoppuhr.



Die praktische Einführung dieser Methode für die deutsche Luftschiffahrt würde sich etwa folgendermaßen gestalten:

Man würde z. B. an der politischen Grenze Deutschlands eine Kette von festen Stationen mit je 50 bis 100 *km* Abstand errichten, so daß die größte Entfernung für die Stationen an Bord der Luftschiffe von diesen Stationen beim Überfliegen der Kette höchstens 50 *km* betragen würde. Hierdurch würden die Insassen der Luftfahrzeuge nicht allein die Tatsache der Grenzüberschreitung in ihrem Empfangsapparat beobachten, sondern eine genaue Feststellung ihres augenblicklichen Standpunktes sehr leicht bewerkstelligen können. Eine ähnliche Kette von Stationen, ebenfalls mit 100 *km* Abstand an der Nordküste Deutschlands installiert, würde die Luftschiffer vor der Gefahr eines unbeabsichtigten Überfliegens der See schützen.

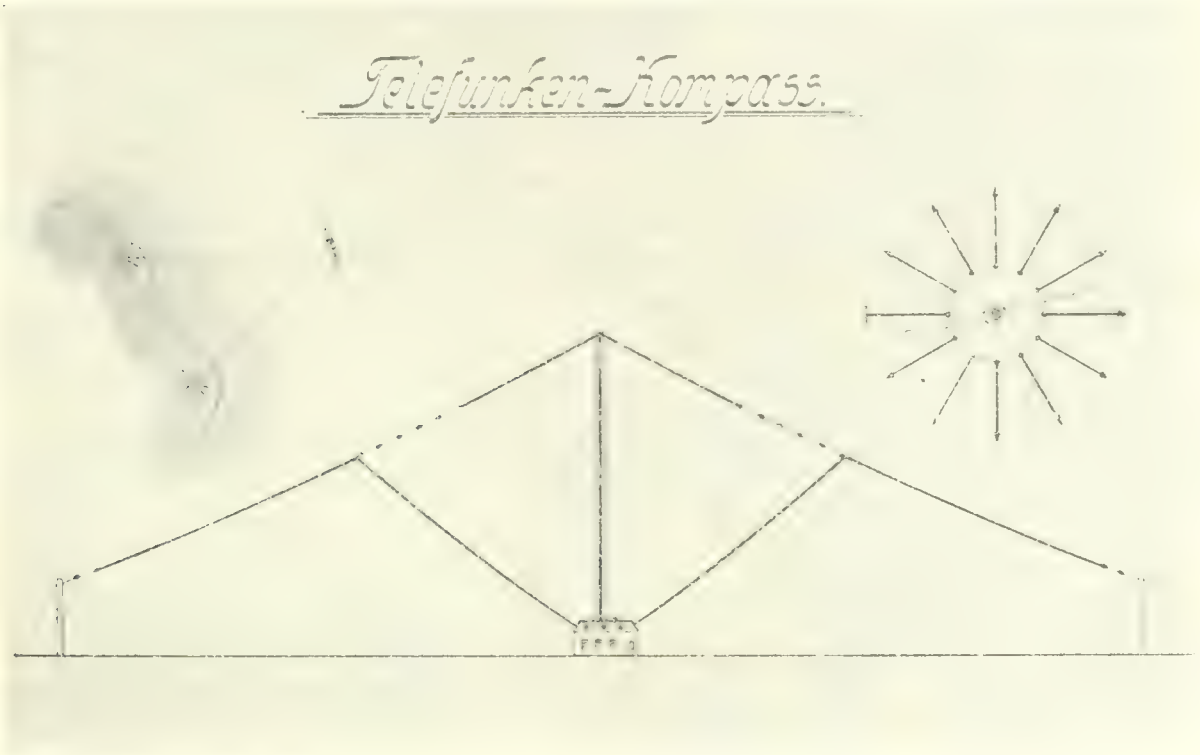
Die Abbildung 58 zeigt einen Hauptteil der inneren Einrichtung einer solchen Senderstation, nämlich die automatische Umschaltung auf die einzelnen Richtantennen. Man sieht eine vertikale Achse aus Isolationsmaterial, an deren oberem Ende kreisförmig eine Reihe von Anschlußpunkten auf Isolatoren installiert sind. Mit diesen sind die einzelnen Richtantennen elektrisch verbunden. Zwei durch den unten sichtbaren Motor in langsamer Rotation erhaltene Kontakte verbinden in regelmäßigen Zeitintervallen die auf der Abbildung nicht sichtbare Sendeapparatur mit den 32 verschiedenen Antennen zeitlich nacheinander. Durch das Getriebe zwischen Motor und Schaltapparat wird nach jeder halben Umdrehung die

[1]) Die Idee zu der Einrichtung und ihre Konstruktion stammt von dem Telefunken-Ingenieur Dr. Ing. *Alexander Meissner*.

Sendeapparatur an die nicht gerichtete Zeitantenne einen Augenblick lang angeschlossen.

Eine weitere von Telefunken herrührende Verbesserung, nämlich eine neue Antennenordnung für Richtsender, ist in Fig. 60 dargestellt. Von einem einzigen neutralen Mast, Schornstein oder dergleichen wird in der Mitte eine Schirmantenne in der üblichen Weise getragen, welche zur Abgabe der Zeitsignale dient. Unter dieser, und zwar durch Isolatoren von den Schirmdrähten getrennt, sind die Drähte der Richtantennen installiert, welche außen an niedrigen Masten oder Pfählen verankert sind. Der Vorteil dieser Anordnung besteht darin, daß ein einziger

Fig. 60.



Mast beide Antennen trägt. Die Skizze oben links auf der Abbildung zeigt schematisch die Orientierung eines Schiffes, nach zwei Richtstationen an der Küste; oben rechts ist schematisch die Wirkung des Kontaktapparates zur Darstellung gebracht, welcher den Sendeapparat nach einander mit den Richtantennen verbindet, bei einer bestimmten Stellung aber mit der Zeitsignalantenne.

IV. Richtungsbestimmung mit Erdantennen.

Im Anschluß an diese Versuche über Richtungsbestimmungen will ich schließlich noch kurz über neuere diesbezügliche Arbeiten von *F. Kiebitz*

mit seinen Erdantennen, die am Anfang dieses Aufsatzes behandelt wurden.

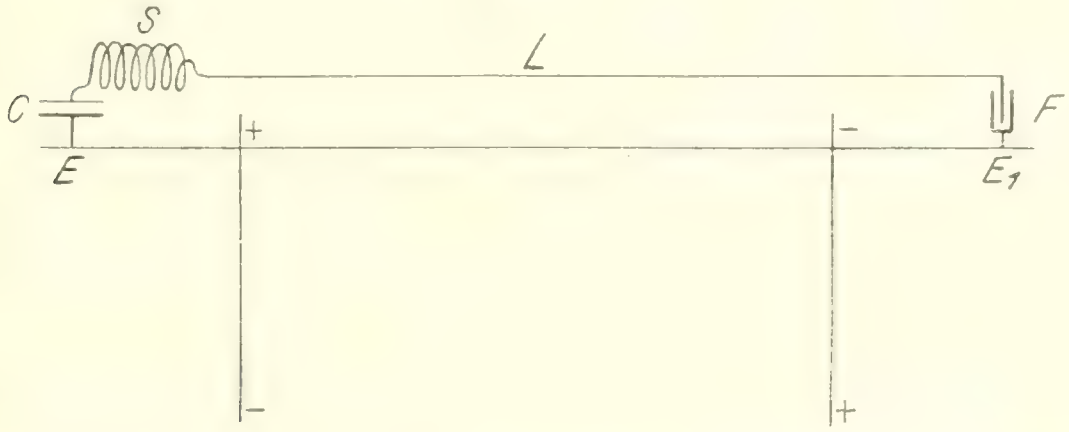
In bezug auf ihre Richtwirkung verhalten sich auch Paare von Erdantennen ähnlich wie Paare von Luftleitern. Wie ich es in meinem früheren Aufsatze in dieser Zeitschrift (III. Band) auseinandergesetzt habe, ergibt ein Antennenpaar eine bevorzugte Strahlungsrichtung und ein scharfes Minimum. Zu Anfang des vorliegenden Aufsatzes wurde schon bemerkt, daß die Erdantennen wirken wie metallische Einlagerungen von selektiver Leitfähigkeit, also wie abstimmbare Gebilde in einem Halbleiter. Wie *Kiebitz* ausführt, beruht ihre Strahlungsfähigkeit daher darauf, daß elektrische Verschiebungsströme in der Nähe der Antenne in das Erdreich eindringen bis zu einer gewissen Tiefe, die von der Bodenbeschaffenheit abhängt; in tieferen Schichten schließen sie sich ganz durch den Leitungsstrom. Man sei darum berechtigt, die Fernwirkung einer Erdantenne aufzufassen als die Vektorsumme der Fernwirkungen einer stetigen Folge von Dipolen mit senkrechter Achse; die Summenwirkung kann man ersetzt denken durch die Wirkung eines einzigen gleichartigen Dipols. Die Fernwirkung eines Paares von Erdantennen stimmt dann überein mit derjenigen von zwei gleichwertigen Dipolen mit senkrechten Achsen. Darum sind die Richtungsunterschiede dieselben wie bei einem Paar von Luftleitern. Die von *Kiebitz* mit Erdantennen angestellten zahlreichen Richtungsbestimmungen nach dem radiogoniometrischen Prinzip ergaben die Richtigkeit dieser Überlegungen. Beobachtete kleine Abweichungen und gewisse merkwürdige Schwankungen sind ohne Zweifel in der unhomogenen Beschaffenheit der Erdoberfläche und ihrer Veränderung mit der Wetterlage zu suchen. So ließ sich beispielsweise bei einer Serie von Versuchen der Sinn der Abweichungen erklären durch die Annahme, daß die nördlich von Belzig liegenden Havelseen die Wellenausbreitung begünstigen und der Wellenfront eine den Seen zugeneigte Richtungsänderung erteilen. Beim gerichteten Empfang von Norddeich und vom Eiffelturm fiel besonders auf, daß es wohl gelang, je nach der Richtung ein lautes Maximum und ein leises Minimum der Zeichen einzustellen, doch war die Empfangsstärke für keine Richtung Null. Diese Erscheinung erklärt *Kiebitz* so, daß auf dem Wege über viele hundert Kilometer die Welle durch Berge, Flüsse, Wälder, Städte, Wolken oder inhomogene Schichten im Erdinnern gebeugt und allmählich teilweise diffus werden.

Kiebitz berichtet ferner noch folgendes: Wurden die wagrechten Erdantennen mit freien Enden benutzt, so war in der Regel die Fernwirkung einer einfachen Antenne mit geringer Richtfähigkeit größer als die eines Erdantennenpaares mit starkem seitlichen Minimum. Dagegen wurde mit dem Antennenpaar größere Fernwirkung erzielt, wenn an die Außenenden Leidener Flaschen mit geerdeter Außenbelegung angeschlossen wurden, deren

[1]) Ausführlicher Bericht ist inzwischen im 1. Heft des VI. Bandes des „Jahrbuches" erschienen.

Kapazität der Kapazität der benutzten einfachen Leitung ähnlich war. An wagrechten Antennen mit Erdkondensatoren wurden um so stärkere Richtungsunterschiede beobachtet, je kleiner die benutzte Wellenlänge war. Fig. 61 zeigt die benutzte Schaltung. L bedeutet den 250 m langen wagrechten Leitungsdraht, F eine Leidenerflasche, S eine Koppelungsspule, C einen Abstimmkondensator, E und E_1 sind Erdleitungen. Die Anordnung entspricht einem Paar von unsymmetrischen und unsymmetrisch erregten Erdantennen und ergab in der Richtung der Leitung größere Fernwirkungen als in der Seitenrichtung, sowohl beim Senden wie beim Empfang. Zur Erklärung dieser Erscheinungen denkt *Kiebitz* sich die Fern-

Fig. 61.



wirkung der ganzen Anordnung ersetzt durch die Fernwirkung von zwei ihr gleichartigen Dipolen, die mit entgegengesetzter Phase und verschiedenen Amplituden schwingen, und führt eine Rechnung durch.

Wie man erkennen wird, drängte sich hier wieder eine Fülle von Fragen auf, die noch lange Zeit die besten Köpfe unserer theoretischen Physiker beschäftigen werden.

Den jetzigen Bericht will ich mit dem Hinweis abschließen, daß die schon vorher kurz erwähnte internationale Konferenz für Radiotelegraphie in London nunmehr endlich zur Festlegung einheitlicher und allgemeingiltiger Bestimmungen für alle Länder gelangt ist, wodurch die Radiotelegraphie noch weit mehr als bisher zum Nutzen und Segen des Verkehrs, besonders in der Seeschiffahrt dienen wird.

Die Entstehung und Erwerbung der Menschenmerkmale.

Von **Hermann Klaatsch**, Breslau.

II. TEIL.

Der Menschenfuß und der aufrechte Gang.

Nachdem im I. Teil dieser Studien der Versuch gemacht wurde, die Stammesgeschichte der Menschenhand zu beleuchten, wenden wir uns nun einer gleichen Prüfung des Menschenfußes zu.

Daß diesem Teile bei der zoologisch-systematischen Betrachtung des Menschen die allergrößte Bedeutung zukommt, ergibt sich aus der einfachen Feststellung der spezifisch menschlichen Gestaltung desselben. In der Tat ist die Ausprägung eines solchen Stützapparates, für den die mächtige Ausbildung des innersten, der den Fingern entsprechenden Strahlen typisch ist, ein nur dem Menschen zukommendes Charakteristikum. Es genügt für sich schon, um eine zoologische Sonderstellung zu begründen und ist zugleich die einzige Einrichtung des menschlichen Organismus, die sowohl auf den ersten Blick, als auch bei eingehendster Untersuchung unbedingt als absolut unterscheidendes Merkmal sich bewährt.

Außer der starken Ausbildung des innersten Strahles, des Hallux, der dem Pollex der Hand entspricht, ist es der nahe Anschluß dieser „großen Zehe" an die zweite, der zur Definition des Menschenfußes hinzugenommen werden muß, denn ohne diesen Zusatz würde der Fuß des Gorilla nahezu mit in die menschliche Klassifikation aufgenommen werden können, wie er denn auch wirklich die relativ menschenähnlichste Ausbildung des Endabschnittes der hinteren Gliedmaße darstellt, die überhaupt vorkommt.

Ohne die Betonung der starken Ausprägung des innersten Strahles würde die Fußbildung beim Bären als der menschlichen sehr ähnlich bezeichnet werden können, denn hier ist die erste Zehe auch den anderen genähert und bildet mit ihnen einen Stützapparat, der bekanntlich eine Aufrichtung des Rumpfes begünstigt. Aber weder der Bärenfuß, noch auch der des Gorilla reicht an den Menschenfuß in physiologischer Vollkommenheit heran. Erscheint doch der letztere für die Aufgabe, das Gewicht des

aufgerichteten Körpers zu tragen, geradezu wie geschaffen. Kein Wunder daher, daß man den offenkundigen Zusammenhang zwischen Stützfuß und der Befähigung zu aufrechter Körperhaltung beim Stehen und Gehen in dem Sinne zu deuten suchte, die Eigenart des Menschenfußes sei durch den „aufrechten Gang" bedingt.

Eine genauere Analyse dieses Causalnexus wurde nicht vorgenommen. Die Tatsache, daß der menschliche Stützfuß außerordentlich günstig beschaffen ist, um die Last des aufrecht gestellten Achsenskeletts und des Kopfes zu tragen, beweist als solche noch nicht, daß der Fuß infolge solcher Belastung seine Eigenart erlangt habe. A priori könnte man umgekehrt argumentieren: Der Fuß hat in Anpassung an Bedingungen, die vorläufig als unbekannte Größe gelten sollen, gewisse Eigentümlichkeiten erlangt und diese erweisen sich als sehr geeignet, eine Balancierung von Rumpf und Kopf zu gestatten.

Wie für jede andere Lokomotionsmethode, so verlangen wir heute auch für den aufrechten Gang des Menschen eine genetische Betrachtungsweise und von einer solchen kann naturgemäß erst dann die Rede sein, wenn man sich über die Art und Weise der Bewegung und Körperhaltung der früheren tierischen Ahnen des Menschen einigermaßen im Klaren ist.

Es verhält sich damit ganz ähnlich wie z. B. bezüglich der Erklärung des Flugvermögens. Daß die Flügel nicht ohne weiteres als Anpassung an das Fliegen entstanden sind, ist klar. Wir verlangen mit Recht zum Verständnis des hoch entwickelten Endzustandes vorbereitende Einrichtungen, wie sie bezüglich des Fliegens offenbar in den so weit verbreiteten Flughautbildungen gegeben sind; diese lassen ein Springen und Fallen aus größeren Höhen als eine Vorstufe des Fliegens erscheinen und machen für die Ahnen der Vögel ähnliche Zustände wahrscheinlich, wie sie bei Pterosauriern sich finden und eine Analogie bei Flugsäugetieren besitzen.

Welcher Art nun dieser niedere vorbereitende Zustand der Gliedmaßen bei den Ahnen des Menschen gewesen sei, darüber haben wir bereits im I. Teil einige Bemerkungen gemacht, sowohl in positiver als auch in negativer Richtung. Handelte es sich doch vor allem darum, die unrichtigen Vorstellungen zurückzuweisen, mit denen früher, wenn auch unklar genug, bezüglich des Problems des „aufrechten Ganges" operiert wurde. So lange man bei den tierischen Vorstufen des Menschen an ein „vierfüßiges" Stadium dachte, mußte man die Annahme machen, daß das „zweifüßige" sich durch eine Emporrichtung des Rumpfes aus horizontaler in vertikaler Haltung unter Loslösung der vorderen Gliedmaßen vom Boden entwickelt habe, die nun aus Bewegungs- zu Greiforganen wurden und somit als Hände erst zu funktionieren begannen. Solche Vorstellungen lassen sich mehr oder weniger klar bis in die neuere Literatur verfolgen. Ihre Unmöglichkeit dürfte durch die Ausführungen des I. Teiles erwiesen sein. Die physiologischen Schwierigkeiten dieser älteren Vorstellungsweise werden recht deutlich durch das Experiment und die Tierdressur be-

leuchtet. Man hat Hunden die Vordergliedmaßen abgeschnitten *(Fuld)* und dieselben lernten, sich hüpfend wie die Känguruhs auf den Hinterbeinen fortzubewegen; sie gewannen bezüglich ihres Rumpfes eine halb aufrechte Haltung, weiter brachten sie es nicht. Man würde die Resultate der Tierdressur, der es gelingt, Pferde, Elefanten etc. für einige Zeit zum Gehen auf den „Hinterbeinen" zu bestimmen, nicht so sehr anstaunen, wenn man nicht das Unnatürliche solcher Haltung für die betreffenden Tiere deutlich empfände. Keine Dressur würde es aber bis zur völligen Menschenhaltung bringen, geschweige denn zum Handgebrauch der Vordergliedmaßen.

Das Irrtümliche der Vorstellung von einem „vierfüßigen" Ahnenzustand des Menschen liegt in der Annahme der Möglichkeit, daß die Endabschnitte beider Gliedmaßen jemals ausschließliche Lokomotionsorgane gewesen seien. Wir haben ausführlich gezeigt, daß sie eine solche Spezialisierung niemals eingegangen sind: wäre das bezüglich der Vordergliedmaße der Fall gewesen, so wäre eine Verkümmerung des I. Strahles unausbleiblich gewesen. Die Erhaltung eines so zarten Gebildes wie des Daumens in seiner ursprünglichen Bedeutung ist nur begreiflich bei Annahme dauernden Gebrauches als Teil eines Greiforganes. Durch jegliche Spezialisierung des Gliedmaßengebrauches zum Graben, Fliegen, sogar bestimmte Arten des Kletterns dem Untergang preisgegeben, konnte das künftige Kulturorgan in der tierischen Ahnenreihe nur durch günstige Bedingungen erhalten bleiben, wie man sie am ehesten noch durch das Baumleben der Halbaffen, die ja die Hand voll und ganz bewahrt haben, sich vergegenwärtigen kann. Nahezu ein Wunder bleibt freilich diese Durchrettung der Menschenhand und ihre Combination mit der Gehirnentfaltung (cf. I. Teil, pag. 347).

Ein solches Prosimiern ähnliches Baumleben läßt uns für die ganze Haltung des Körpers nicht die horizontale Rumpflage der Vierfüßler, sondern eine halbaufrechte Kletterhaltung als Ausgangspunkt für den Menschen erkennen. Aus einer halbaufrechten Haltung aber ist die völlige Aufrichtung kein physiologisches Unding mehr.

Nun kann man freilich als scheinbaren Einwand betonen, daß doch schließlich auch dieser halbaufrechte Zustand aus einem etwa dem der jetzigen urodelen Amphibien ähnlichen einer horizontalen Kriechhaltung sich entwickelt haben müsse. Das ist natürlich vollkommen richtig, aber gerade dieses Zugeständnis schließt die Bestätigung dafür in sich, daß die erste Phase der Aufrichtung — aus horizontal in halbaufrecht — eine in der Vorgeschichte des Menschen unendlich weit zurückliegende ist, die er mit den Vorfahren aller Landwirbeltiere teilt, ja die höchstwahrscheinlich bereits bei dem Übergang vom Leben im Wasser zu der Luftatmung angebahnt und teilweise vollendet wurde.

Wenn wir auch freilich über die physiologischen Bedingungen bei diesem Übergang vom Kiemen- zum Lungenstadium noch wenig aussagen können, so ist doch so viel sicher, daß ein Aufsteigen aus dem feuchten

Element dabei eine Rolle gespielt haben muß, ein Hinaufbewegen, sei es nun aufs Land direkt, oder, was wahrscheinlicher ist, auf Bäume, die im Wasser wurzelten, wie die schwimmenden Wälder der Kohlenperiode sie darstellten. Wir brauchen uns durchaus nicht auf Einzelheiten hierbei einzulassen oder den Versuch zu wagen, die Lücke unserer Kenntnisse durch Spekulationen ausfüllen zu wollen, das Resultat ergibt sich ganz von selbst und unbestreitbar, daß eine Art von Kletterbewegung, somit eine Emporrichtung des vorderen Körperendes, endlich eine Arbeitsteilung zwischen der vorderen und der hinteren Gliedmaße bereits in diesen ältesten Zuständen der Entfaltung von Landwirbeltieren eine wichtige Rolle spielten.

Im Lichte dieser Betrachtung dürfte die Entstehung des sogenannten Gliedmaßenwinkels, des Ellbogen- und Kniewinkels von Interesse sein. Daß die verschiedene Stellung des Cubital- und des Kniegelenkes auf eine Arbeitsteilung der Gliedmaßen hinweisen, haben *Huxley* und *Gegenbaur* zuerst genauer gewürdigt. Letzterer wies darauf hin, daß die vordere Gliedmaße den Körper nach vorn zieht, daß die hintere dabei nachschiebt. Diese von *Hatschek, Wiedersheim* und anderen Morphologen akzeptierte Auffassungsweise stellt sich den Körper des Wirbeltieres in horizontaler Haltung vor — in der Kriechstellung etwa der Molche.

Im Rahmen der hier vorgetragenen Auffassung läßt sich diese Arbeitsteilung von „Arm“ und „Bein“ noch viel besser verstehen, wenn man dabei an ein Emporklettern denkt; dann wird die Funktion der vorderen Gliedmaße noch viel deutlicher, indem es sich dabei um ein Emporziehen des Körpers handelt, wozu die genau nach hinten gestellte Knickung des Cubitalwinkels sich vorzüglich eignet — noch besser als zu einem Vorwärtsziehen auf ebener Erde. Die Betrachtung der Gangweise z. B. der gefleckten Salamander zeigt ja deutlich, daß die Gliedmaßen anfangs nur einen Teil der Lokomotion besorgten: die starken schlängelnden Biegungen des ganzen Rumpfes erinnern durchaus noch an die schwimmende Bewegungsweise, wobei die Gliedmaßen abwechselnd nach vorn geworfen werden; in der Art des Aufhebens der „Hände“ und „Füße“ vom Boden ist noch die Erinnerung an die Flossenbewegung unverkennbar.

Die Arbeitsteilung zwischen Vorder- und Hinterflossen fehlt bei Fischen ja keineswegs und ist mit Rücksicht auf die Entstehung der Landwirbeltiere bei dem Dipnoer Ceratodus von ganz besonderem Interesse. Hier schiebt bereits die Hinterflosse durch ihre Drehbewegungen den schwerfälligen Rumpf vorwärts, wie *Hatschek* treffend gezeigt hat.

Leider besteht bei den Cronopterygiern, die durch ihre Vorderflosse für die Entstehung der Landwirbeltiere wichtige Anhaltspunkte liefern (cf. I, pag. 338 ff.), eine teils gänzliche, teils partielle Rückbildung des hinteren Flossenpaares.

Als eine interessante Konvergenzerscheinung zu dem Cubitalwinkel der Landwirbeltiere verdient die Flossengestaltung des bekannten Knochenfisches Periophthalmus angeführt zu werden, der als Bewohner der

Küsten in den Tropen der alten Welt, Afrikas, der Südseeinseln, Nordaustraliens usw. eine Art von amphibischer Lebensweise führt, indem er an den Mangrovenstämmen in die Höhe steigt und auf dem bei der Ebbe zutage tretenden Uferschlamm umherhüpfend lange Zeit außer Wasser verweilt. Auch vermag sich dieser Fisch springend über die Wasseroberfläche fortzubewegen.

Die Brustflossen von Periophthalmus zeigen eine Winkelknickung nach hinten, wodurch der Flossensaum zum Aufsetzen auf feste Unterlage befähigt wird. Ohne entsprechende Gliederung im inneren Bau und ohne mögliche verwandtschaftliche Beziehung erinnert diese Haltung der Vordergliedmaße an diejenige von Amphibien.

Als Parallelerscheinungen zu den in der Vorzeit wohl mehrfach erfolgten und sicher vielfach mißlungenen Versuchen des Überganges vom Wasseraufenthalt zu dem an der Luft verdienen diese Kletterfische eine noch eingehendere Beachtung als bisher.

Die rein physiologische Umstellung eines Teiles der Flosse bei Periophthalmus weist uns auf die Ursache der Entstehung der Gliedmaßenwinkel hin. Sie sind eine notwendige Folge des Aufsetzens auf eine Fläche: der distale Teil der Flosse wird abgebogen gegen den proximalen oder Stielteil. Durch Vergleichung der Vordergliedmaße eines Molches z. B. mit derjenigen von Polypterus kann man sich diese verschiedenen Stellungen leicht vergegenwärtigen. Es zeigt sich hierbei, daß die mediale, dem Körper in der horizontalen Haltung der Flosse zugekehrte Fläche zum Aufsetzen dient, sie wird zur Volarfläche der Hand und der bei ersterer Haltung caudal gekehrte Rand, den das Propterygium einnimmt, wird nun zum lateralen, an welchem sich das Propodium (Ulna) befindet. Der cranialwärts gekehrte Rand, dem Metapterygium entsprechend, ist nun vom Metapodium (Radius) eingenommen.

Aus einer solchen Biegung hat sich dann erst allmählich eine Abknickung entwickelt. Für das Verständnis dieses Vorganges, der mit der Ausbildung des Cubitalgelenkes einhergeht, sind die hypothetischen Vorstufen des Cheiropodiums wichtig, an denen die Entstehung eines Stylopodiums durch Verschmelzung der distalen Teile von Pro- und Metapterygium (cf. I, pag. 339, Fig. 145, 146) wahrscheinlich gemacht werden konnte. Die Umgestaltung des Ruderorgans in eine Hebelvorrichtung macht physiologisch die Sonderung im Skelettmaterial verständlich: Der ursprüngliche Hauptteil des Ganzen, das Mesopodium mit seinen Rand- und Endstrahlen wird unter Verringerung des Volumens und der Zahl zu Vorderarm und Hand. Das Mesopodium gleitet zwischen den Randstrahlen (Marginalien, Radius und Ulna) distalwärts. Der aus Verschmelzung der beiden letzteren entstandene Stielteil gewinnt eine hohe mechanische Bedeutung, der eine beträchtliche Volumensvergrößerung entspricht, als knorpeliger Humerus wölbt er sich proximalwärts gegen die Vertiefung des Schultergürtels vor, der beim Ruderorgan an dieser Stelle (Cronopterygier!) umgekehrt einen Vorsprung bildete.

Fig. 62.

Der zu den Gobiiden gehörende Knochenfisch Periophthalmus, der an den Küsten der tropischen Meere der alten Welt eine amphibische Lebensweise führt. Die Vorderflosse hat eine dem Ellbogenwinkel der Lendenwirbeltiere entsprechende Knickung erfahren. (Nach *Johnson*, aus der bei R. Bong, Berlin, erscheinenden Zeitschrift: „Wunder der Natur" vom Verlag gütigst überlassen.)

Über die mechanische Ursache der Continuitätslösung zwischen Stylopodium und dem „Zeugopodium" des Vorderarmes kann man verschiedener Meinung sein. Schon die ganz verschiedene Art der statischen Bedingungen ist hierfür wichtig; stellt sich doch mit der Bewegung außerhalb des Wassers eine bis dahin gänzlich fehlende Belastung ein, die aus der Biegung eine Knickung zu gestalten vermag; wichtiger aber ist wohl die funktionelle Gestaltung, die in dieser Neuerung sich kundgibt. Es ist klar, daß erst hierdurch jene Gliederung in der Muskulatur möglich wird, durch welche die Umwandlung des Ruderwerkzeuges in ein Landbewegungsorgan gegeben ist. Die proximalen Teile der allgemeinen Flossenbeweger gewinnen Selbständigkeit, indem sie zum Cubitalwinkel Beziehung erhalten. Ein Teil der ursprünglich dorsalen und medialen Masse gewinnt infolge der Anheftung an das Propodium (Ulna) nach Entstehung des Winkels die Bedeutung des Streckers, des Ausgleichers des Cubitalwinkels. Eine schon bei den Crossopterygiern gesonderte vom Schültergürtel am unteren Rand der Gliedmaße bis zum freien Rande ziehende „zono-metapterygiale" Muskelmasse wird zum Beuger des Vorderarms. An der oberen und unteren Fläche der aufgesetzten Endplatte des Chiropodiums erhalten sich die alten Zustände einer früher lateral und medial gelegenen, distalwärts zu den Randstrahlen divergierenden Muskelmasse; als extensores und flexores digitorium begegnen sie uns bei den Landwirbeltieren, noch viel Primitives in ihrer ganzen Anordnung sich bis zum Menschen bewahrend, wie ja auch die ganzen Bewegungsweisen von Vorderarm und Hand, namentlich in Supination und Pronation nach vielfach an den Mechanismus der Flosse und besonders die Drehungen derselben erinnern.

Fig. 63.

a *b*

Die Extremitäten eines urodelen Amphibiums (Menobranchus) von der ventralen Seite gesehen: *a* vordere, *b* hintere. Der Kniewinkel ist direkt lateralwärts gerichtet zum Unterschied vom Ellbogenwinkel, der nach hinten und dorsal gerichtet bei dieser Ansicht gar nicht sichtbar ist. Für die Homologisierung der Flachen der Extremitäten ergibt sich hieraus ein Unterschied: Distal vom Knickungswinkel sind Streck- und Beugeflachen der beiden Extremitäten einander homolog, proximal davon aber entspricht die Streckfläche der hinteren Extremität der lateralen Flache der vorderen.

Nach *H. Klaatsch* aus „Weltall und Menschheit II". Vom Verlag Bong, Berlin, überlassen.

Wir sind auf diese Vorgänge an den vorderen Gliedmaßen deshalb etwas genauer eingegangen, weil es für die Beurteilung des Wesens der

hinteren Gliedmaßen von prinzipieller Bedeutung ist, zu wissen, inwieweit dieselbe mit der vorderen in ihrem Entwicklungsgang übereinstimmt.

Das vielumstrittene Problem der sogenannten Homologie der Gliedmaßen wollen wir hier nicht weiter behandeln, als für unser eigentliches Thema unerläßlich ist. Es mag hier nur bemerkt werden, daß bei der vielfachen Erörterung dieses Problems häufig keine richtigen Fragestellungen der zum Teil übertriebenen Detailforschung zugrunde gelegt wurden. Mehr als einmal ist der fehlerhafte Versuch gemacht worden, von den Säugetieren aus diese Dinge entscheiden zu wollen, stammesgeschichtlich späte Zustände als Ausgangspunkt zu nehmen, während die ausschlaggebenden niederen und ältesten Phasen der Phylogenese vernachlässigt wurden. Eine Berücksichtigung dieser Befunde namentlich bei Amphibien hätte manche unnütze Arbeit ersparen können, indem sich ganz deutlich zeigt, daß von einer kompletten Homologie der vorderen und hinteren Extremität überhaupt gar nicht die Rede sein kann, daß daher viele der zum Teil zumeist gezwungenen Vergleichungsversuche gewisser Muskelgruppen miteinander a priori bereits als völlig vergebliche Liebesmühe sich darstellen.

Fig. 64.

Skelett der vorderen und hinteren Extremität eines urodelen Amphibiums (Menobranchus). Links Oberschenkel und Unterschenkel, rechts Schulterblatt, Oberarm und Vorderarm, beide in der Ansicht von außen. Die verschiedene Stellung der Gliedmaßenwinkel tritt deutlich hervor. Am Zeugopodium liegen hinten Fibula = Ulna und vorn Tibia = Radius.

(Aus „Weltall und Menschheit", II.)

Das unzweifelhaft Gemeinsame ist gegeben in der gesamten Anlage, dem Bestehen des Mesopodium, der beiden Marginalien und der Endstrahlen oder Actinalien, ferner in der Beschränkung der letzteren auf die Fünfzahl und in der besonderen Ausprägung des I. Strahles, der auch hier dem metapodialen Rande angehört, als eines opponierbaren Gebildes, des Hallux, der dem Pollex entspricht.

Diese Gleichartigkeit des Urzustandes der Landgliedmaßen oder Cheiropodien läßt sich nur dadurch erklären, daß sie vorn und hinten sich in analoger Weise von einander ähnlichen Flossengebilden, Cheiropterygien aus entwickelt haben.

Daß eine völlige Gleichheit des Baues der letzteren bestanden habe, ist durch die deutlich verschiedene Funktion der Flossen schon bei Fischen wie Ceratodus auszuschließen und überhaupt a priori gar nicht denkbar. Noch weiter zurück verliert sich die Vorgeschichte der Extremitäten in völliges Dunkel, so daß auf die höchstwahrscheinlich schon auf den allerseltensten Stufen vorhandenen Verschiedenheiten zwischen vorderer und hinterer Urflosse nicht eingegangen werden kann. Die ungeheuren Schwierigkeiten des Problemes der Entstehung von Wirbeltierflossen[1]) überhaupt wurde schon im I. Teil dargestellt und betont, daß eine Theorie des Urzustandes der paarigen Extremitäten nur dann befriedigen kann, wenn sie die Existenz der vorderen und hinteren erklärt, in erster Linie überhaupt die Vierzahl. Die schon dort gegebene Andeutung der gemeinsamen Wurzel der Flossenfische und Landwirbeltiere ist für unsere jetzige Betrachtung insofern wichtig, als sie neben der Arbeitsteilung auf gewisse gemeinsame Leistungen hinweist, die für die ältesten Landwirbeltiere als gesichert gelten kann. Wir erkennen diese Funktion in der des Landwirbeltierfußes als eines Greiforganes. Es ist eine logische Konsequenz, auch für den Fuß die strenge Pentadaktylie mit der Opponierbarkeit des Hallux in genetischen und kausalen Connex zu bringen, wie das für den Pollex bereits (I, pag. 332, 342) geschehen ist.

Da das Greifen an Kletterbewegungen denken läßt, so wird auch von dieser Seite her die Berechtigung der oben gegebenen Betrachtung über die Entstehung des Cubitalwinkels und die primitive Funktion des Armes als Emporzieher des Körpers bestätigt. Noch eine andere Einrichtung kann möglicherweise von diesem Gesichtspunkte aus verständlich werden, das sind die Nagelbildungen.

Versucht man die Stammesgeschichte der terminalen Horngebilde, die wir bei allen Reptilien und Säugetieren finden, bis zum Übergang vom Kiemenstadium zur Luftatmung zurückzuverfolgen, so haben wir in erster Linie diese Einrichtungen als einen gemeinsamen Besitz der Landwirbeltiere aufzustellen. Das Fehlen derselben bei der Mehrzahl der heutigen Amphibien wird daran nicht irre machen können. Das ist lediglich Rückbildung. Solche Reduktion kommt auffälligerweise auch am Hallux von Didelphys und an dem des Orang-Utan vor.

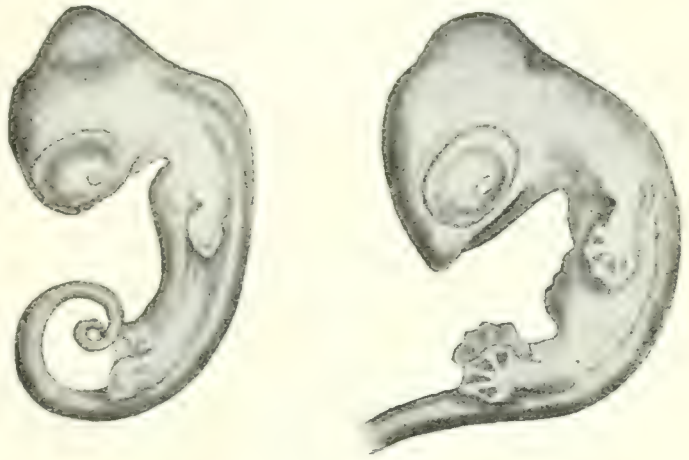
Morphologische Vermittlungsstufen zwischen der Hautsaumbildung der Flossen und der zerlegten Schwimmhaut des Chiridiums fehlen gänzlich, aber eben diese Schwimmhaut, die ja beim Menschen in recht beträchtlicher Ausdehnung bestehen bleibt, am Fuß sogar sekundäre Ver-

[1]) In neuerer Zeit hat man bezüglich der Hautfaltentheorie an einen Urzustand wie beim Amphioxus gedacht und die Metapleuralfalten des letzteren mit herangezogen. Dieser Punkt ist in der Tat der Erwägung wert. Angenommen, der Peribranchialraum sei ein Besitz der Stammformen aller Wirbeltiere und habe sich zurückgebildet, so würden die ihn bildenden Hautfalten zum Teil in den Dienst der Lokomotion und der Balancierung haben übergehen können, während für einen anderen Teil des Peribranchialraumes die mehrfach vermutete Homologie mit dem Vor- respektive Urnierengang fortbestehen würde.

stärkung erfahren kann (s. u. Syndaktylie), weist ja auf das Gemeinsame hin. Der Stützapparat des Hautsaumes, der bei den Fischen durch die Hornstrahlen eine so reiche Entfaltung zeigt, ist beim Chiridium in Fortfall gekommen; es liegt nahe anzunehmen, daß die Betätigung des Hauptsaumrandes nach einer neuen Richtung hin, nämlich durch die Lieferung von Horngebilden, eine Art Ersatz für die früher nach innen erfolgende Abscheidung von Material darstellt.

Eine Zwischenstufe, ein Vorbereitungsstadium für die Nägel ist funktionell vorläufig nicht nachzuweisen. Es ist aber auch die Urleistung dieser Horngebilde als solche nicht klargestellt. Wohl aber ist man über die Urform ziemlich einig, nämlich daß es wirklich terminale Gebilde waren, ähnlich den Krallen der Chelonier mit Nagelrücken und Sohlenhorn. Diesem Urzustand steht der Befund des Vornagels am menschlichen Embryo sehr nahe *(H. Friedenthal)*. Daß kleine Krallen beim Klettern sehr gute Dienste leisten, ist bei manchen Beuteltieren und Nagern festgestellt worden. In dieser Richtung liegt am wahrscheinlichsten die Urleistung der Nagelgebilde bei den ältesten Landwirbeltieren.

Fig. 65.



Eidechsen-Embryonen zweier verschiedener Stadien, um die flossenähnlichen Anlagen der Extremitäten zu zeigen. Supinationshaltung der hinteren Extremitäten. Stellung des Kniewinkels nach außen.

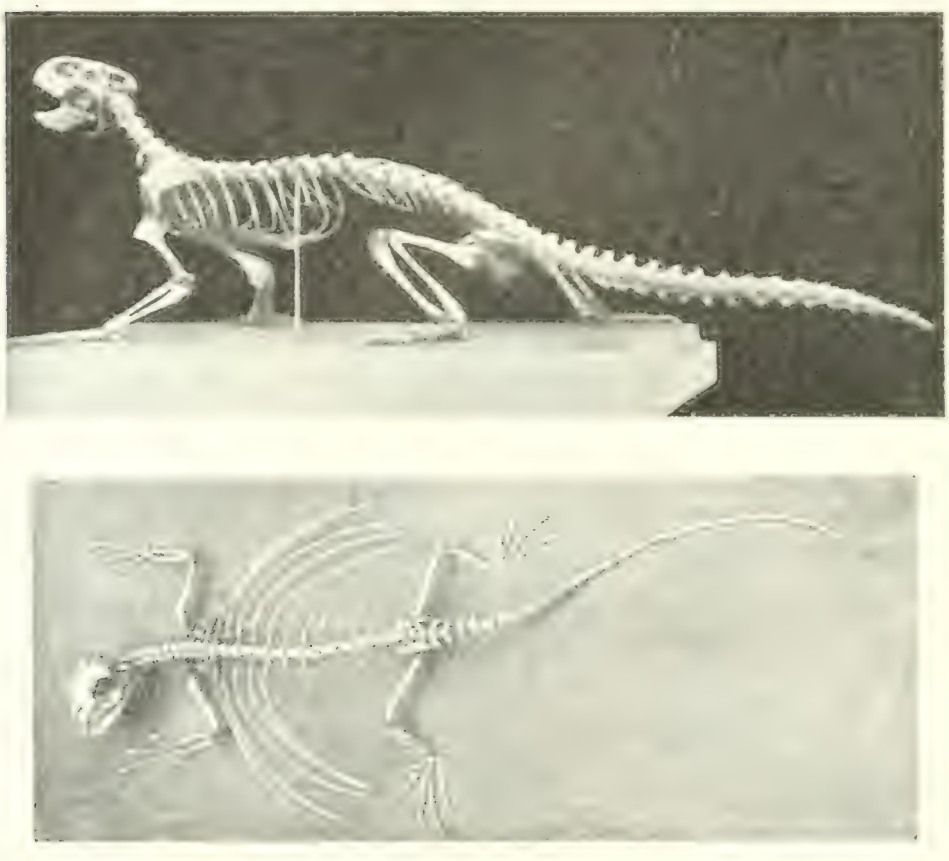
Nach Prof. *Mellier*.

Daß der hintere Gliedmaßenwinkel, die Knieknickung, der des Ellbogens entgegengesetzt sei, d. h. nach vorne gerichtet, ist die allgemein geläufige Darstellung des Sachverhaltes. Geht man von der Vorstellung der Belastung der Ektremitäten durch den Rumpf aus, so erscheint es ganz plausibel, daß die Knickung vorn und hinten aufeinander zu gerichtet erfolgt sei. Diese Auffassung besteht aber bei genauerer Betrachtung nicht zu Recht. Es zeigt sich nämlich deutlich, daß die ursprüngliche Stellung des Kniewinkels genau lateralwärts gerichtet ist. So verhält es sich in den Jugendzuständen aller Landwirbeltiere, den Menschen nicht ausgenommen. Bei den urodelen Amphibien bleibt dieses Verhalten dauernd bestehen. Der Gangmechanismus eines Salamanders läßt deutlich erkennen, daß bei den schlängelnden Bewegungen des Rumpfes die abwechselnd nach vorn gesetzten „Füße" ein Abstoßen besorgen, wobei die beiderseitigen Oberschenkel annähernd in einer Richtung senkrecht zur Wirbelsäule gestellt sind, relativ nur geringe Exkursionen im Hüftgelenk ausführend.[1])

[1]) Diese Betonung der ursprünglich lateralen Richtung des Kniewinkels läßt meine Darstellung von der allgemein üblichen, z. B. auch von *Hatschek* vertretenen, etwas

Leistung des Vorwärtsschiebens ist die offenbar fundamentale Befestigung des Gliedmaßengürtels an der Wirbelsäule ganz notwendig und aus der gemeinsamen Aktion von Wirbelsäule und hinterer Extremität wie bei den Salamandern auch verständlich.

Der ursprüngliche Zustand der von der Körperachse aus senkrecht abgehenden Stellung des Stylopodiums prägt sich noch in der Gestaltung des menschlichen Femur aus. Dasselbe erfährt in sich selbst eine Abknickung,



Skelette von Reptilien, oben Uromastix, unten Draco volans. Stellung der Gliedmaßenwinkel an der vorderen nach hinten, an der hinteren nach außen. Die Fibula steht hinter der Tibia. Zu beachten ist ferner die im Mittel vertikale Stellung des Femur zur Wirbelsäule.
(Aus „Weltall und Menschheit", II.)

die zur Sonderung des Halsteils von den des Schaftes führt. Der erstere behält die ursprüngliche Stellung bei, der Schaft folgt der sekundären Richtung des Knies nach vorn bei der aufrechten Haltung. So erklärt sich

abweichend erscheinen. Es ergeben sich hieraus naturgemäß auch andere Deutungsweisen beim Homologisierungsversuch der Muskeln. Vom Gliedmaßenwinkel distalwärts ist ein solcher einigermaßen erfolgreich möglich, nicht aber proximal davon. Nach meiner Auffassung ist die ursprünglich lateral, später nach vorn gekehrte Fläche (Streckfläche) der hinteren Extremität dem lateralen Randteil der vorderen entsprechend, während die „Beugefläche" der hinteren Extremität mit dem medialen Randteil des Armes in Parallele zu setzen wäre. Untersuchungen, die ich über diese Fragen schon vor langer Zeit angestellt habe, sind infolge der Verdrängung durch andere Arbeiten bisher nicht publiziert worden.

die Ausprägung des Winkels zwischen Collum und Schaft, der bekanntlich stark variiert.

Je mehr sich dieser Winkel 180° nähert, um so ursprünglicher ist der Zustand; die Australier mit ihrem steilen Schenkelhals verhalten sich darin primitiver als andere Menschheitsgruppen; bei den „vierfüßigen" Säugetieren wird diese Abknickung noch stärker und der Winkel ein rechter — nun findet sich jene Gegenüberstellung des vorderen und hinteren Gliedmaßenwinkels, die mit dem Stützen eines stark vom Boden angehobenen Rumpfes und einer mehr in sagitaller als in seitlicher Richtung erfolgenden Bewegung der Wirbelsäule harmoniert.

Es ist sehr wichtig festzustellen, daß ein solcher extremer Grad quadrupeder Beschaffenheit nicht in die menschliche Vorfahrenreihe aufzunehmen ist. Soweit es sich um die Ahnenstufen des Menschen als Säugetier handelt, ist im physiologischen Sinne ein „quadrumaner" Urzustand anzunehmen, der mit halb aufrechter Kletterhaltung verbunden sich noch heute bei den Halbaffen findet. Die Kletterbeuteltiere wie Phalangista schließen sich diesem Verhalten ganz nahe an, nur ist bei ihnen der Handcharakter an der vorderen Extremität undeutlich geworden, indem der Daumen seine Eigenart zum Teil einbüßte. Der Greiffuß aber besteht vollständig mit einigen Besonderheiten der zweiten und dritten Zehe (Fig. 76).

Die Veränderung ihrer Phalangen, die den Namen Phalangista verursacht, besteht in einer Verkürzung und Verkleinerung, mit der eine stärkere Vereinigung der beiden Zehen einhergeht. Diese Syndaktylie bei Marsupialiern ist eine interessante Konvergenzerscheinung zu dem, was sich bei manchen Gibbons findet, deren eine Varietät sogar hiernach die Bezeichnung syndactylus erhalten hat.

Bemerkenswert ist, daß auch am Menschenfuß als eine häufige Varietät eine stärkere Erhaltung der gemeinsamen embryonalen Schwimmhaut gerade zwischen zweiter und dritter Zehe beobachtet wird.

Daß die Opponierbarkeit der ersten Zehe bei den Beuteltieren kletternder Lebensweise einen ursprünglichen Säugetiercharakter darstellt, hat bereits *Karl Vogt* richtig erkannt. Seitdem haben sich zahlreiche Beweise dafür gefunden, daß alle Beuteltiere von solchen kletternden Formen abgeleitet werden müssen. Die deutlichsten Beweise hierfür liefert die rudimentäre erste Zehe, die selbst noch da ihre dem Daumen ähnliche Beschaffenheit behält, wo die Gestaltung des Fußes jegliche Greiffunktion ausschließt, wie z. B. an den hinteren Extremitäten des fossilen Riesenbeutlers Diprotodon (Fig. 77). Auch bei einer den Känguruhs nahe verwandten Form Hypsiprymnoden — findet sich dieser Fußdaumenstummel. Hieraus gewinnt die von dem belgischen Paläontologen *Dollo* zuerst vertretene Anschauung immer mehr Stütze, wonach sämtliche heutige Marsupialier sich von kletternden Formen mit Greiffuß ableiten. Die auffallende Ähnlichkeit eines solchen in seiner einfachsten Form, wie z. B. bei Didelphys, wo die bei Phalangista bestehende Besonderheit der zweiten und dritten Zehe nicht ausgeprägt ist, mit den Gangspuren jener triassischen Fossilformen,

die als „Cheirotherien“ bezeichnet werden, ist schon von den ersten Untersuchern derselben bemerkt worden, obwohl sie zunächst an die Zugehörigkeit zu großen Amphibien dachten.

Fig. 97

Cheirotherienfährten aus der Trias. Unten eine menschliche Hand zur Größenvergleichung. Die Fußspuren (resp. die Ausfüllungen derselben) zeigen einen starken opponierbaren, mit dem Endglied umgebogenen Hallux. Die Spuren der Hände sind viel kleiner und liegen unmittelbar vor denen der Füße.

(Aus „Weltall und Menschheit“. II.)

Im I. Teil haben wir diese Fährten bezüglich der Pentadaktylie verwertet und abgebildet. Hier müssen wir auf dieselben noch einmal zurückkommen, insofern sie für das Problem einer primitiven Fußform der Säugetiere von Bedeutung sind. Diese Betrachtung läßt sich ganz unabhängig von der anderen Frage anstellen, ob und mit welchen uns bisher bekannt gewordenen anderen Fossilresten diese Spuren eine Zusammengehörig-

keit besitzen. Für die auffallend landähnlichen Fährten, wie sie zuerst bei Hildburghausen bekannt wurden, hat man die Beziehung zu Stegocephalen vermutet; bei der zweifellos überaus primitiven stammesgeschichtlichen Stellung dieser Panzerlurche zu den Vorfahren der heutigen Reptilien und Säugetiere würde solche Zugehörigkeit der morphologischen Verwertung der Handfußabdrücke in keiner Weise Abbruch tun. Für die ähnlichen, noch viel älteren Spuren aus den in Thüringen gefundenen Tambacher Fährten aus dem Perm fehlt aber vorläufig noch die Kenntnis anderer Landwirbeltierreste. Diese älteren Abdrücke unterscheiden sich weniger vor denen der zugehörigen Hände, sind somit jedenfalls auch morphologisch noch primitiver. Sie erinnern auch mehr an die heutigen Amphibien. Die Vorder- und Hintergliedmaßen differierten weniger an Größe, als bei den trianischen Handtieren. Bei diesen haben die Fußabdrücke ungefähr die Größe von Menschenhänden, während die deutlich erkennbaren Handabdrücke bedeutend kleiner sind. Nicht nur in den Gliedmaßenproportionen erweisen sich die Triasformen als spezialisiert, sondern auch in der Fußbeschaffenheit selbst. Die Vergleichung mit den Füßen der Beutler und Prosimier zeigt, daß die Cheirotherien nicht mit der ganzen Fußfläche auftraten, sondern daß der Tarsalabschnitt zum Teil angehoben war, und gerade hierauf beruht ja die sekundäre Verstärkung der Handähnlichkeit. Diese als solche ist somit keine morphologisch wichtige Erscheinung, wohl aber ist die gerade in dieser Spezialisierung beruhende Annäherung der betreffenden Wesen aus der Sekundärzeit an primitive Mammalier so auffallend, daß der Schluß auf eine ähnliche Organisation der ganzen Gliedmaßen durchaus nahe liegt. Damit wird aber auch eine stammesgeschichtliche relativ nahe Beziehung zwischen den Cheirotherien und der Vorfahrenreihe der Säugetiere sehr wahrscheinlich. Daran ändern die offenkundigen Eigenarten der Cheirotherien nichts. Zu letzteren muß unter anderen auch die sonderbare Gestaltung der Hallux gerechnet werden, der mit seinem distalen Ende wie umgebogen erscheint, wodurch sein Abstand von den anderen Zehen verstärkt wird. Eine ähnliche Umgestaltung findet sich bei rezenten Prosimiern in der klammerartigen Gestaltung des Fußes (und auch der Hand) mit der sekundär verstärkten Oppositionsstellung des ersten Strahles.

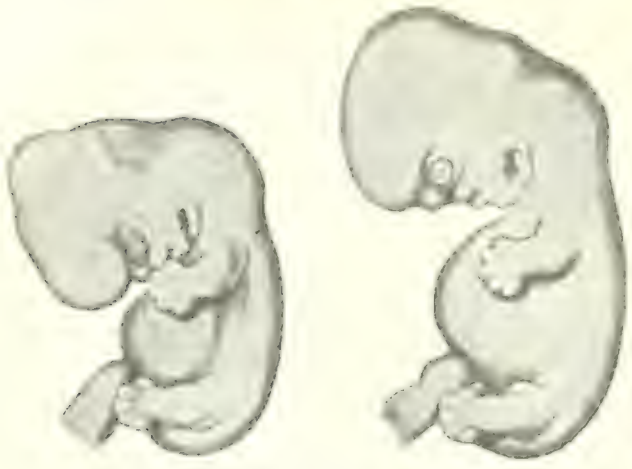
Da die Tambacher Fährten dieses Abstehen des ersten Strahles in geringerem Grade zeigen, so ist die Fragestellung berechtigt, ob vielleicht auch am Fuß der Säugetiere ein geringerer Grad der Halluxopposition das primitivere sei, d. h. ob nicht auch bei den „Quadrumanen" eine sekundäre Annäherung des Fußes an ein Handorgan stattgefunden habe.

Da bei den Prosimiern sich tatsächlich etwas derartiges findet, so ist auch für die Primaten Ähnliches nicht ohne weiteres abzulehnen. Diese Betrachtung ist wichtig für die Beurteilung des Menschenfußes und seiner Unterschiede von dem der Anthropoiden.

Wirft man die Frage nach dem Urzustand auf, von dem die bezüglich der Abduktions- und Oppositionsfähigkeit des Hallux so auffällig ver-

schiedenen Befunde bei Mensch, Gorilla, Schimpanse, Orang und Gibbon sich herleiten lassen, so wären a priori drei Ansichten denkbar: erstens, daß der menschliche Zustand sich ableitet von einem solchen mit weit abstehender erster Zehe; zweitens daß umgekehrt der Anthropoidenbefund der sekundäre sei und daß der menschliche als ganz primitiv zu gelten habe, so primitiv, daß er auf ein Ahnenstadium vor Entstehung des Greiffußes aus einer mit fünf gleichartigen Strahlen versehenen Ruderplatte verweisen würde; drittens endlich, daß ein mittlerer Zustand mäßiger Opposition der Großzehe anzunehmen sei und daß sich von diesem aus verschiedene Entwicklungsbahnen verfolgen lassen, deren Endergebnisse einerseits durch den menschlichen Zustand, andrerseits durch diejenigen der vier Anthropoiden gegeben sind.

Fig. 68.



Zwei junge menschliche Embryonen zur Vergleichung mit den Eidechsenembryonen, um die Gleichartigkeit der Extremitätenanlagen zu zeigen. Stellung des Kniewinkels nach außen.
(Aus W. *Leche*, „Der Mensch". Verlag G. Fischer, Jena.)

Fig. 69.

Zwei menschliche Embryonen des zweiten Monats. Zu beachten die Stellung der Gliedmaßenwinkel in Vergleichung zu den Abbildungen von Amphibien und Reptilien. Kniewinkel nach außen gekehrt. Supinationsstellung der Füße.
(Aus W. *Leche*, „Der Mensch".)

Von diesen drei Möglichkeiten ist die zweite, so viel mir bekannt ist, niemals vertreten worden. Eine solche Auffassung würde auch vor den einfachen Tatsachen der Anatomie sowie der Embryologie nicht standhalten können. So sehr dieselben für die Hand die Primitivität des Menschen beweisen, so wenig für den Fuß.

Aus dem gemeinsamen Anfangszustand der Endplatten von vorderer und hinterer Extremität, der mit Schwimmhaut umhüllten Ruderplatte

geht der Fuß hervor, indem er ein durchaus handähnliches Stadium durchläuft.

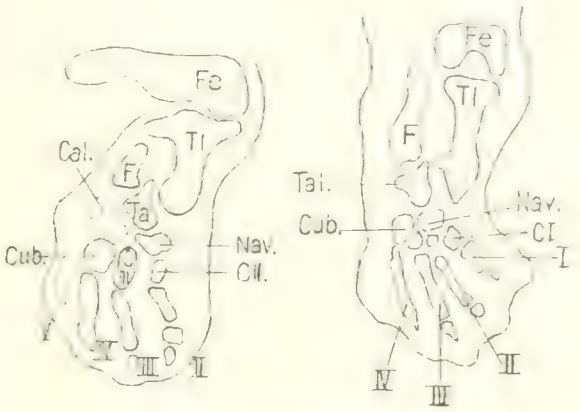
Für alle Strahlen ist zunächst ein radiäres Divergieren deutlich. Mit Verlängerung der der späteren Metatarsal- und Tarsalgegend gewinnen der II. bis IV. Strahl eine einander mehr parallele Richtung, während der erste Strahl deutlich daumenähnlich absteht. Embryonen des zweiten Monats zeigen diesen Zustand konstant.

Auch stellt sich der Hallux hier bereits von stärkeren Dimensionen dar als die anderen Zehen, ist aber kürzer. Was nun den Grad der Abduktion des Hallux anbetrifft, so ist derselbe geringer als an den ausge-

Fig. 70.

Menschlicher Embryo des zweiten Monats mit freigelegter Muskulatur der Extremitäten. Der Fuß zeigt noch den abstehenden Hallux.
(Nach Prof. *Bardeen*.)

Fig. 71.



Schnitte von Unterschenkel und Fuß eines menschlichen Embryo aus dem zweiten Monat. Die Skelettanlagen in Umrissen markiert. *Fe* Femur, *Ti* Tibia, *F* Fibula, *Ta, Tal.* Talus. *Cal.* Calcaneus, *Cub.* Cuboid., *Nav.* Naviculare. *CI, II* Cuneiforme primum und secundum. *I—V* Metatarsalia.
Zu beachten ist die dem erwachsenen Beuteltierzustand (Phalangista) ähnliche Gestaltung von Unterschenkel und Tarsus, besonders das einem Intermedium ähnliche Einschieben des Talus zwischen Tibia und Fibula.
(Nach *Henke* und *Reyher*.)

wachsenen Füßen des Schimpanse. Unter den Anthropoiden kommt der Zustand des Gorilla dem embryonalen Menschenbefund am nächsten. Von Orang und Gibbon muß hierbei in Anbetracht der starken Umgestaltung ihrer Füße zunächst abgesehen werden.

Mit Rücksicht auf die oben aufgeworfenen drei Fragen spricht der menschliche Embryonalbefund ganz klar für eine Entscheidung im Sinne der dritten. Der menschliche Befund beim jungen Embryo steht dem vermittelnden Urzustand nahe. Aber nicht nur für diese, sondern auch für die Prosimier, Kletterbeutler und Cheirotherien gilt das Gleiche. Der menschliche Zustand läßt niemals eine solche extreme Abduktion des Hallux erkennen, wie bei allen diesen Formen. Das ist um so bemerkenswerter, als die Entwicklung der ganzen unteren Extremität in ihrem distalen Teil unverkennbare Anklänge an jene primitiven Klettersäugetiere darbietet.

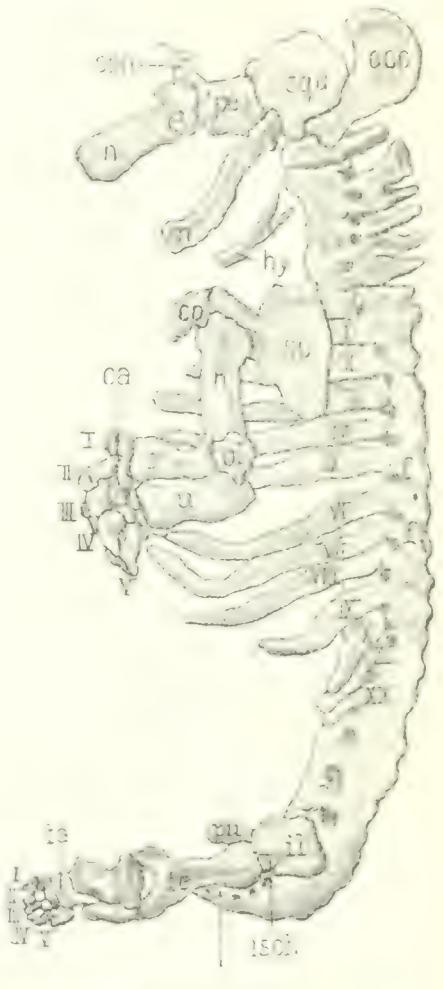
Die zuerst von *Henke* und *Reyher* beschriebenen früheren Stadien der Skelettanlage des Unterschenkelskeletts und des Tarsus gleichen derart den Zuständen erwachsener Kletterbeuteltiere, daß man geradezu von einem „Phalangistastadium" des Menschen spricht. Zugleich ist die Ähnlichkeit dieses knorpeligen Zustandes mit demjenigen der heutigen Amphibien sehr bemerkenswert. Wie bei den Urodelen schiebt sich der Talus einem Intermedium ähnlich zwischen Fibula und Tibia ein. Die bereits oben betonte

Fig. 72.

n = Nasenkapsel.
sph = Sphenoidale, Keilbein.
pe = Petrosum, Felsenbein.
squ = Squamosum, Schuppe des Schläfenbeines.
occ = Occipitale, Hinterhauptsbein.
m = *Meckel*scher Knorpel, primitiver Unterkiefer.
hy = Hyoid, Zungenbein.

sc = Scapula, Schulterblatt.
co = Coracoid, Anlage des Rabenschnabelfortsatzes des Schulterblattes.
h = Humerus, Oberarmknorpel.
r = Radius, Speiche.
u = Ulna, Elle.
ol = Oleeranon, Anlage des Kopfes der Ulna.
ca = Carpus, Handwurzel.
I—V Strahlen der Hand.

il = Knorpel des Os ilei, Darmbein.
isch = Knorpel des Os ischii, Sitzbein.
pu = Knorpel des Os pubis, Schambein.
fe = Femur, Oberschenkelknorpel.
ti = Tibia, Schienbein.
fi = Fibula, Wadenbein.
ta = Tarsus, Fußwurzel.
I—V Strahlen des Fußes.



Skelett eines menschlichen Embryo von 17 *cm* Länge nach *W. Hagen*, etwas modifiziert. Die knorpligen Anlagen der Skelettstücke an vorderer und hinterer Extremität in ihren Homologien. Kniewinkel nach außen, Ellbogenwinkel nach hinten gerichtet. Typische Supinationsstellung des Fußes.

Stellung des Kniewinkels nach außen ist an den jungen menschlichen Embryonen ganz deutlich zu erkennen und damit ergibt sich die Supinationsstellung des Fußes, die auch in den späteren Monaten sich noch erhält. Diese ganze Haltung der unteren Extremität ist so typisch übereinstimmend mit derjenigen der primitiven Klettersäugetiere, daß man erwarten sollte, über die stammesgeschichtliche Deutung derselben als einer Kletterhaltung, wie sie von mir aufgestellt und von *Lazarus*, *Wiedersheim* u. a. angenommen wurde, sei heute kein Zweifel mehr.

Daß dieses aber nicht zutrifft, ergibt sich aus der folgenden Äußerung von *Rudolf Fick* in seinem vortrefflichen Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke, III. Teil.

Fick schreibt pag. 656: „Auch der Annahme, daß die Supinationsstellung des fetalen Fußes in stammesgeschichtlicher Beziehung zum Kletternmechanismus stehe, kann ich mich durchaus nicht anschließen, ich glaube vielmehr, daß sie eine einfache mechanische Anpassung an die Raumverhältnisse im Uterus ist."

Mit demselben Rechte könnte *Fick* auch die Stellung des Ellenbogenwinkels auf Raumbeschränkung zurückführen. Es handelt sich hier doch um Organisationszustände, die im Lichte der vergleichenden Betrachtung geprüft werden müssen. So wenig die verschiedenen Zustände der Gliedmaßen bei den Säugetierembryonen verschiedener Gruppen etwa durch Verschiedenheit embryonaler mechanischer Bedingungen erklärt werden können, so wenig ist es gestattet, fundamentale Organisationszustände auf solche „Anpassung an Raumverhältnisse" zurückzuführen. Ferner zeigen sich genau die gleichen Haltungen der Extremitäten beider Extremitäten bei den Beuteltieren außerhalb des Uterus im Beutel. Endlich wird diese embryonale Haltung ja auch gar nicht aufgegeben, nachdem die Raumbeschränkung aufgehoben ist. *Fick* selbst bildet ja auf Fig. 241 ein einjähriges Kind in typischer Supinationsstellung ab, das die Milchflasche mit Händen und Füßen hält. Ich würde auf diese Äußerung kein weiteres Gewicht legen, wenn dieselbe nicht von einem von mir hochgeschätzten Kollegen stammte, der, wie ich mit Bedauern feststellen muß, auch meinen anderweitigen stammesgeschichtlichen Ausführungen über den Menschenfuß sehr wenig Verständnis entgegenbringt, worauf ich weiter unten noch einzugehen haben werde.

Die späteren Embryonalstadien des Menschen lassen in der relativen Kürze der Zehen bereits eine Annäherung an den Endzustand erkennen, die als eine sekundäre Umwandlung gedeutet werden muß. So vereinigt dieser Befund bereits Sekundäres mit Primärem. In letzterem Sinne muß die Einbeziehung des ganzen Tarsalgebietes in die Sohlenfläche aufgefaßt werden. Dieser Primatencharakter bedeutet die Fortführung eines ganz primitiven Landwirbeltierzustandes von einer Ahnenstufe aus, die noch jenseits derjenigen der Cheirotherien auszusetzen ist.[1]) Die Anhebung des hinteren Teiles der Plantarfläche ist als eine unabhängig von einander immer wieder in den verschiedenen Tiergruppen erfolgte Erscheinung aufzufassen. Damit gelangen wir zur nochmaligen Feststellung der nicht mehr ursprünglichen Beschaffenheit der triassischen Cheirotherienfährten. Die sekundäre Handähnlichkeit derselben wird durch die Ausprägung der Ballen wesentlich erhöht.

Diese Plantar- und Volarballen sind ein gemeinsamer Besitz der vorderen und hinteren Gliedmaßen, der auf die gemeinsame Funktion

[1]) Bezüglich der Primitivität der ganzen Muskulatur der menschlichen Extremität sei hier an das von mir behandelte Problem des kurzen Bicepskopfes erinnert.

der Lokomotion hinweist. In Ergänzung der Ausführungen des I. Teiles möchte ich hier noch bemerken, daß man gerade an diesen Hautpolstern recht gut den Charakter gemischter Funktion der Hand demonstrieren kann. Besitzt doch noch die Menschenhand in dem Hypothenar eine Art Sohlenfläche, die ein Aufsetzen der Hand in Supinationsstellung gestattet, ohne daß die Aktionsfreiheit der Finger behindert wäre. Mit dieser Arbeitsteilung an der Vola möchte ich die Ausbildung des Musculus palmaris brevis in Zusammenhang bringen, für dessen eigentliche Bedeutung bisher, so viel ich weiß, keine Erklärung verursacht wurde. Es ist keine Erwerbung der Menschen, sondern ein allen Primaten gemeinsamer Besitz, der nur als ein muskulöser Rest der Palmarisschicht aufgefaßt werden kann, deren anderer Teil die Palmaraponeurose hervorgehen ließ. Ich bin geneigt, ihm auch eine ähnliche Funktion zuzuschreiben, wie den Palmar- und Plantaraponeurosen, nämlich die tiefer liegenden Teile, Blutgefäße und Nerven vor Druck zu schützen.

Den anderen Ballen, deren Hautbestandteil subcutane Fettpolster sind, kommt eine ähnliche Bedeutung zu. In meiner Arbeit über die Tastballen habe ich zuerst (1889) nachgewiesen, daß auf der Höhe dieser Ballen sich bei niederen Säugetieren die Anfänge des Hautleistensystems entfalten als Beginn eines Tastapparates, der von da aus allmählich die ganze Vola und Planta okkupiert. Auch hier zeigten sich die Befunde bei Kletterbeuteltieren und bei Halbaffen als stammgeschichtlich besonders wichtig. Eine reiche Literatur *(Schlaginhaufen, Wilder)* hat seitdem meine Befunde bestätigt.

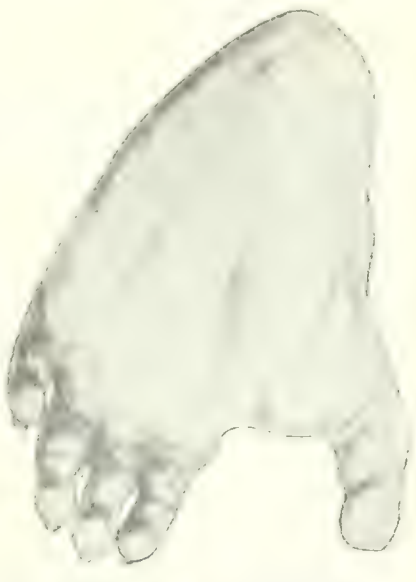
Die Gemeinsamkeit dieses Hautleistensystems am Menschenfuß und dem der Anthropoiden weist auf die gemeinsame Ausgangsform hin. Bezüglich des Skelettbaues hat *Th. Huxley* besonders scharf den gemeinsamen Urtypus für Mensch und Menschenaffe dargelegt und betont, daß trotz aller Handähnlichkeit die Hintergliedmaße der Anthropoiden doch die Bezeichnung als Fuß behalten müsse. Er zeigte die prinzipielle Übereinstimmung nicht nur im Skelett, sondern auch in der Muskulatur. Besonderes Gewicht legt er mit Recht auf den Peronaeus longus, der an der Basis des ersten Metatarsalknochens angreifend physiologisch einen Opponens des Hallux darstellt, während ein dem Opponens des Daumens an der Hand entsprechender Muskel dem Fuß der Menschen und der Menschenaffen fehlt. Vor allem betont *Huxley* die nahe Zusammengehörigkeit von Menschen und Menschenaffen auf Grund der Beschaffenheit des Fußes: „Hardly any part of the bodily frame, then, could be found bether calculated to illustrate the truth that the structural differenzes between. Man and the highest Ape are of less value than those between the highest and the lower Apess than the hand or the foot.“ Er kann ihm an Wichtigkeit nur das Gehirn in dieser Hinsicht zur Seite stellen.

Andrerseits wünscht er nicht dahin mißverstanden zu werden, als ob er die offenbaren Unterschiede in der Fußbildung zwischen Menschen und Menschenaffen unterschätze „They are important enough in their way the structure of the foot being in strict correlation with that of the rest

of the organism in each case." Man könnte nun wohl erwarten, daß *Huxley* auf das Wesen dieser Unterschiede eingehen würde, aber das ist nicht der Fall. Es kam ihm (wie bei der Hand siehe I. Teil) in erster Linie darauf an, das Gemeinsame von Mensch und Menschenaffe zu betonen. Wir finden bei ihm keinen Versuch, das Problem des aufrechten Ganges zu lösen. Er beschränkt sich darauf, zu zeigen, daß innerhalb der Anthropoiden Verschiedenheiten bestehen, die er zum Teil bereits als Reduktionserscheinungen deutet. Das geht allerdings mehr aus dem Zusammenhang hervor, indem er von niederen Affen sagt, daß dort die große Zehe bei Hapaliden noch unbedeutender sei als beim Orang.

Huxley hat die Frage nach der Urform des Anthropoidenfußes gar nicht gestellt, daher konnte er auch nicht die einzelnen Zustände vergleichend verwerten. Bei einer solchen Betrachtung ergibt sich nun ohne weiteres, daß der Gorilla dem mit dem Menschen gemeinsamen Urzustand bei weitem am nächsten kommt. Der Schimpanse zeigt bereits eine deutliche Reduktion des Hallux, der auffällig stark abduziert ist. Die anderen Zehen sind zierlicher gestaltet als beim Gorilla, aber von ähnlichen Proportionen.

Fig. 73



Fuß des Gorilla, von der Plantarfläche gesehen. Große Menschenähnlichkeit. Hallux noch ganz abstehend.

(Aus *W. Leche*, „Der Mensch". Verlag G. Fischer, Jena.)

Beim Orang hingegen ist eine sehr beträchtliche Verlängerung der zweiten bis vierten Zehe eingetreten, und der Hallux ist stummelartig geworden. Wie oben schon erwähnt, ist der Nagel des Hallux geschwunden; auch zeigt die Muskulatur deutliche Reduktionsmerkmale.

Ähnlich verhält sich der Gibbon. Die niederen Affen kommen für die stammesgeschichtliche Betrachtung des Fußes nicht in Frage, da keiner derselben mit Prosimiern und Kletterbeutlern in der Beibehaltung eines starken Hallux verglichen werden kann.

Untersuchungen über die Weichteile der Fußes, wie sie z. B. *Loth* über die Plantaraponeurose angestellt hat, bestätigen vollkommen, daß keine Möglichkeit gegeben ist, von niederen Primaten eine aufsteigende Linie zum Menschen zu verfolgen, sondern daß dorthin viel direktere Anschlüsse von den Prosimiern aus bestehen. Auch bezüglich der Anthropoiden ergibt sich als Resultat, daß je weniger reduziert die Formen sind, sie sich relativ menschenähnlicher verhalten, so z. B. Schimpanse, bezüglich der Existenz des Plantaris, der bei den anderen Menschenaffen viel häufiger ganz geschwunden ist.

Das Abirren sämtlicher Anthropoiden von der zum Menschenzustande führenden Entwicklungsbahn ergibt sich bezüglich des Fußes bereits durch

der Gliedmaßenproportionen, der, wie ich mehrfach ausgeführt habe, in einer annähernd gleichen Länge der vorderen und hinteren Gliedmaßen zu suchen ist. Welche Faktoren es waren, die eine solche Abweichung vom Urzustande bedingten, kann nur im Zusammenhang mit der Frage der spezifisch-menschlichen Umgestaltung geprüft werden. Zunächst handelt es sich darum, zu konstatieren, daß der Menschenfuß nicht von dem eines Orang oder Schimpanse ab-

(links) und des (rechts). Zu beachten die Opposition des Hallux und relativ größere Länge der Strahlen beim Gorilla.

Mensch".
(Jena.)

Skelett der freien hinteren Extremität eines Gorilla (links), eines Schimpansen (in der Mitte) und eines Orang (rechts). Im Fußskelett zeigt der Gorilla die relativ menschenähnlichsten Zustände. Die Rückbildung des Hallux und die sekundäre Verlängerung der anderen Strahlen ist beim Orang weit über den Zustand beim Schimpansen hinausgegangen.

Nach Objekten im Nat.-Kabinett Stuttgart
Klaatsch phot.

geleitet werden muß, sondern von einer Urform, der unter den Menschenaffen der Gorilla noch relativ am nächsten kommt, denn ein reines Vorfahrenstadium stellt er naturgemäß auch nicht dar.

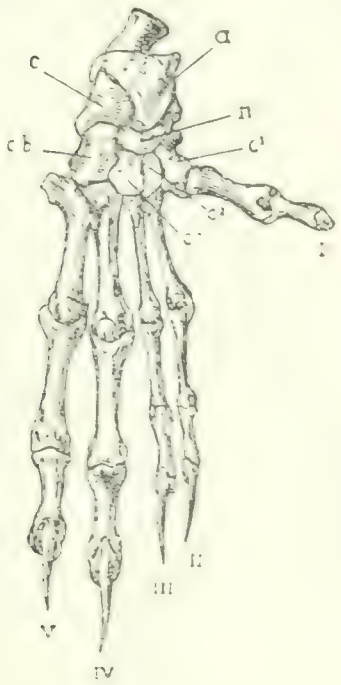
Versuchen wir diesen Ahnenzustand des Menschenfußes auf Grund aller bisherigen Erwägungen festzustellen, so gelangen wir zu folgendem Resultat:

Dieser Urfuß des Menschen unterschied sich von der Norm des jetzigen dadurch, daß die zweite bis vierte Zehe relativ viel länger waren

und daß die erste kürzer aber kräftig ausgebildet, einem Daumen ähnlich, von den anderen in spitzem Winkel abstand, freier Abduktion und Opposition fähig. Eine relativ starke Ausprägung des Hallux dürfen wir wohl dem Urzustande zuschreiben, der ja, wie wir gesehen haben, den Menschen direkt an die Wurzel der Säugetiere — ja aller Landwirbeltiere — anschließt, die sämtlich von Kletterformen abstammen.

Von diesem Urfuß bis zum heutigen Zustande ist der Weg nicht allzu weit und es fehlt uns nicht an vermittelnden Zuständen, die uns zeigen, welche Etappen auf diesem Wege zu verzeichnen sind. Es fragt

Fig. 76.



Fußskelett des rezenten Marsupialiers Phalangista. *a* Talus, *c* Calcaneus, *n* Naviculare, *c b* Cuboid, c^1 c^2 c^3 Cuneiformia, *I* Hallux, weit abstehend, in Oppositionsstellung, *II, III* zweite und dritte Zehe verkleinert, *IV, V* vierte und fünfte Zehe.

(Aus *W. Leche* „Der Mensch". Verlag G. Fischer, Jena.)

Fig. 77.

Fußskelett des fossilen Marsupialiers Diprotodon australis. *a* Talus, *c* Calcaneus, *n* Naviculare, *c b* Cuboid, c^1 c^2 c^3 Cuneiformia, *I* Metatarsalknochen des Hallux, weit von dem Skelett der übrigen Zehen *(II—V)* abstehend und in der rudimentären Beschaffenheit die einstige Ausbildung des Grifffußes dokumentierend, wie bei Phalangista. Mit der riesigen Zunahme der Körperdimensionen des fossilen Diprotodon hat sich der Tarsus unförmlich vergrößert.

(Aus *W. Leche*, „Der Mensch". Verlag G. Fischer, Jena.)

sich nur, in welcher Reihenfolge die an sich leicht übersehbaren Veränderungen eingetreten sind, nämlich die relative Verkürzung der vier Zehen, die relative Verlängerung und sicher anzunehmende sekundäre Vergrößerung des Hallux, sowie der Verlust seiner Beweglichkeit, wobei wir wohl unterscheiden müssen zwischen der Möglichkeit der Opposition und der Möglichkeit der Abduktion. Die erstere wurde aufgehoben durch die Fixation der Sehne des Peronaeus longus in der Planta, die zweite durch Veränderungen der Gelenkfläche zwischen Metatarsale primum und cuneiforme primum, sowie durch die stärkere ligamentöse Verbindung zwischen den Capitula der ersten und zweiten Metatarsalknochen.

Eine scharfe Trennung zwischen diesen Vorgängen wird freilich nicht gut möglich sein. Immerhin ist deutlich, daß die in manchen Fällen noch recht starke Beweglichkeit des Hallux bei Menschen stets die Ab- und Adduktion betrifft, während eine freiere Beweglichkeit des Peronaeus longus in seiner alten Oppositionsfunktion bisher beim Menschen nicht festgestellt worden ist. Die erste Zehe ist vielmehr beim Menschen allgemein in Oppositionsstellung selbst fixiert, eine Tatsache, die sich leicht aus der Betrachtung des Metatarsale primum ergibt. Dieses kehrt seine eigentlich plantare Kante der zweiten Zehe zu, ein Befund, den man sich am besten dadurch vergegenwärtigen kann, daß man an der Hand die Daumen an die zweite Zehe anlegt und schwache Ab- und Adduktionsbewegungen ausführt. Bei einer Fixierung des Daumens würde sich auch sofort die Vorstellung eines Gewölbes für die Hohlfläche ergeben, die am Fuß sich als etwas Primitives zeigt gegenüber der sicher auf Entartung und Erschlaffung der Bandapparate beruhenden Plattfußbildungen.

Fig. 73.

Füße eines australischen Eingeborenen mit ataxistischem Zustand des auffallend kurzen Hallux und relativ bedeutender Länge der anderen Zehen.

Klaatsch phot.

Fig. 74.

Fußskelett vom Europäer, oben in der plantaren, unten in der dorsalen Ansicht. Zur Vergleichung mit Fig. 74.

(Aus „Weltall und Menschheit". II.)

Eine Persistenz der primitiven Proportionen der Zehen wird den Fuß sofort handähnlich erscheinen lassen. Solche Fälle, in denen der Hallux

beträchtlich an Länge hinter den fingerähnlichen Zehen zurückbleibt, sind in neuerer Zeit mehrfach bei verschiedenen Menschenrassen beschrieben und abgebildet worden; so von mir bei Australiern, von Prof. *Baelz* bei Japanern und neuerdings von Prof. *Neuhaus* bei einem Eingeborenen von Neuguinea.

Das Schönheitsideal der Griechen verlangte ja auch eine größere Länge der zweiten als der ersten Zehe.

Ein deutliches Einschneiden der Haut zwischen erster und zweiter Zehe aber wie z. B. beim Schimpanse ist bisher beim Menschen nicht beobachtet worden und besteht auch nicht beim Embryo. Beim Gorilla ist dieser Einschnitt der Schwimmhaut weniger ausgeprägt als beim Schimpanse. Es fragt sich, ob in der menschlichen Vorfahrenreihe eine starke äußere Abgliederung des Hallux überhaupt anzunehmen ist (siehe oben).

Fig. 80.

Fußskelette links eines Japaners, in der Mitte eines Europäers, rechts eines Australiers. *Klaatsch* phot.

Fig. 81.

Füße eines europäischen Neugeborenen. Der Hallux ist relativ kurz. *Klaatsch* phot.

Fig. 81

Fuß eines menschlichen Embryos des fünften Monats, die Oppositionsstellung des Hallux zeigend. 2 : 1 nat. Gr. *Klaatsch* phot.

Daß eine ziemlich große Beweglichkeit des Hallux auch trotz der metatarsalen Bandverbindung bestehen bleiben resp. durch Übung wieder hergestellt werden kann, ist eine bekannte Tatsache. Es braucht nur auf die Fußkünstler, wie Unthan, hingewiesen zu werden, die in Ermanglung der Hände die Füße entsprechend zu gebrauchen erlernten. *Rudolf Fick*

berichtet von dem armlosen Maler Charles Félu, den er in Antwerpen eine vorzügliche Kopie eines Rubensschen Bildes mit dem Fuße anfertigen sah. Die zum Teil enorme Beweglichkeit der Füße im ganzen und die freie Aktion des Hallux ist bei den Naturvölkern durch sehr zahlreiche Beobachtungen festgestellt. *R. Andree* hat eine Reihe von Beispielen hierfür angeführt. Mir persönlich sind die Leistungen der Eingeborenen Australiens bekannt, von denen schon die älteren Berichte erzählen, daß sie z. B. die Speere mit den Zehen schleppen, wenn sie unbewaffnet erscheinen wollen. Wenn diese Wilden das Reiten erlernen, so erfassen sie die Steigbügel zwischen erster und zweiter Zehe. Bei Malaien, Japanern, Chinesen werden von *Huxley, Baelz, Adachi* u. a. Zeugnisse für sogenannte Greif-, besser Kneiffähigkeit des Hallux beigebracht. Der Begriff des höheren europäischen Kulturvolkes deckt sich leider mit der Fußmißhandlung durch

Fig. 5.

Fuß des armlos geborenen Artisten Unthan in drei verschiedenen Stellungen, die die große Beweglichkeit des Hallux zeigen.
(Nach dem Gipsabguß im Musée du jardin des plantes in Paris.)

Schuhwerk. Trotzdem hat bisher die freie Beweglichkeit des Fußes beim neugeborenen Europäer keine Einbuße erlitten.

Die Besonderheiten des ersten Interstitiums am Fuß bleibt durch Eigentümlichkeiten des Verlaufes von Nerven und Gefäßen dauernd markiert. In diesem Sinne ist zu nennen die Hautversorgung des Raumes zwischen Hallux und zweiter Zehe durch den Nervus peronaeus profundus, während die Umgebung dem N. per. superficialis angehört, ferner der Durchtritt der Gefäßverbindung zwischen den dorsalen und plantaren Arterien zwischen erstem und zweitem Metatarsale.

Verwerten wir die mitgeteilten Tatsachen zur Beantwortung der Frage nach den Umgestaltungen des Urfußes des Menschen zum jetzigen Zustand, so zeigt sich, daß nicht so sehr die Verschiedenheit der Zehenproportionen, nicht auch die Verminderung der Beweglichkeit des Hallux überhaupt einer Erklärung bedarf, sondern der Umstand, daß der Hallux in Oppositionsstellung fixiert wurde und eine besonders mächtige Ausbildung in seinen Phalangen sowie in dem medialen Fußballen im Gebiet der Meta-

tarsophalangealgelenke erfuhr. Welcher Faktor beherrscht diese Umwandlung? Sie ist zweifellos für die Fähigkeit der aufrechten Haltung sehr wichtig, aber ist sie durch dieselbe entstanden? Daß die Ausbildung des „Standfußes" eine Folge der Erwerbung des aufrechten Ganges sei, war früher die allgemein herrschende aber niemals näher begründete Ansicht. Auch *R. Fick* vertritt dieselbe in seinem Handbuch und wendet sich energisch gegen „einige moderne Anthropologen", wie er sich auszudrücken beliebt, die durch eine abweichende Annahme „die Sache einfach auf den Kopf zu stellen" scheinen.

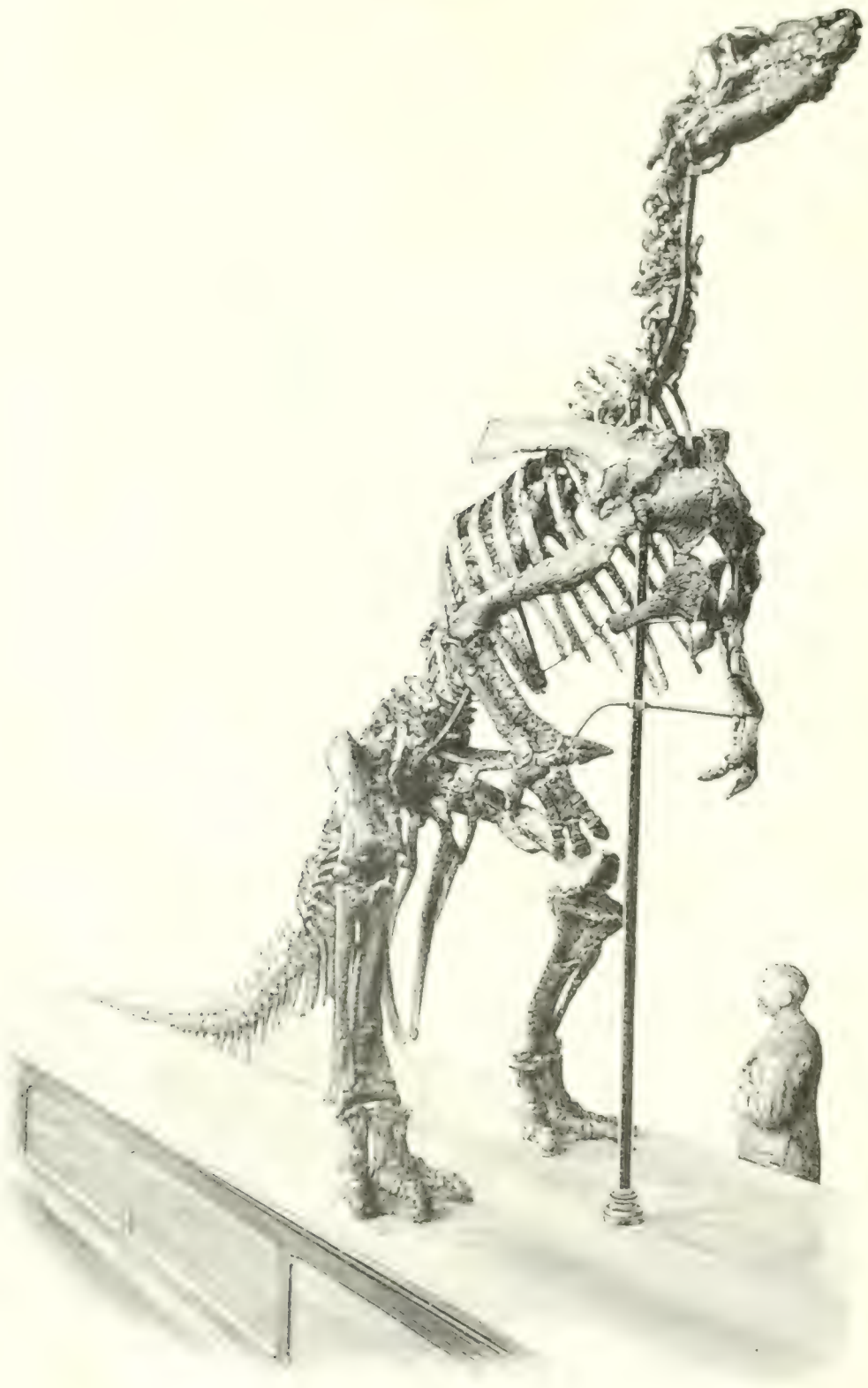
Daß *R. Fick* jedoch die Fragestellung gar nicht präzis gefaßt hat, geht aus folgendem Satze hervor: „Vom mechanischen Standpunkt aus ist es daher ganz entschieden plausibler, daß der aufrechte oder halbaufrechte Gang das Primäre war und die Bildung des Standfußes das Sekundäre, als umgekehrt." Indem *Fick* hierbei den aufrechten und halbaufrechten Gang in einem Atem nennt, als gleichbedeutend hinstellt, bricht er dem ganzen Problem die Spitze ab, da es sich ja gerade um die Frage handelt, wie denn aus dem halbaufrechten der aufrechte Gang geworden ist. Unter diesen Umständen kann es nicht Wunder nehmen, wenn *Fick* der von mir aufgestellten Theorie von dem Zusammenhang der Erwerbung der aufrechten Haltung mit einem Klettermechanismus gar kein Verständnis entgegenbringt und sich nicht einmal die Mühe gibt, auf den betreffenden Gedankengang näher einzugehen. Hieran trägt einerseits der Mangel stammesgeschichtlicher Betrachtung des menschlichen Organismus überhaupt Schuld und andrerseits die Unklarheit über den Ausgangszustand des Menschen bei der Erwerbung des aufrechten Ganges. Als diesen niederen Zustand haben wir die halbaufrechte Kletterhaltung kennen gelernt, die auch *Wiedersheim* in der neunten Auflage seines „Bau des Menschen" (pag. 126) anerkennt.

Fig. 84.

Füße (oben) und Hände (unten) eines Prosimiers (Stenops tardigradus). Die starke Opposition des ersten Strahles ist an beiden Extremitäten ausgeprägt. Die Fußbildung erinnert an den Cheirotherienzustand, nur ist die zweite Zehe modifiziert, verkürzt und mit verlängertem Nagel versehen.

Wäre, wie *Fick* meint, die Bildung des Standfußes eine Folge des aufrechten oder halbaufrechten Ganges, so müßten die Formen, bei denen wir

Fig. 85.



Skelett des Iguanodon. Beispiel für die halbaufrechte Haltung der Saurier (Brüssel, Musée d'histoire naturelle.)

recht ausgesprochene Stufen der halbaufrechten Haltung antreffen, in irgend einer Weise die Menschenfußbildung in dem Punkte, der diesen be-

sonders charakterisiert, vorbereiten, aber das ist nirgends der Fall. Nirgends finden wir eine besondere Verstärkung des innersten Strahles, sondern es sind die mittleren, dritter auch vierter Strahl, die eine besondere Ausbildung erlangt haben. So findet es sich bei den Känguruhs, die es unter den niederen Säugetieren zur relativ stärksten Aufrichtungsfähig-

Fig. 86.

Skelett des Mylodon als Beispiel für ein primitives fossiles Säugetier mit halbaufrechter Kletterhaltung und menschenähnlichen Gliedmaßenproportionen. Daneben rechts ein rezentes Faultierskelett. (Nach *Pictet*.)

keit des Rumpfes gebracht haben, wobei der Stützschwanz eine wichtige physiologische Rolle spielt.

Eine ganz ähnliche Haltung begegnet uns in der fossilen Reptilienwelt bei den Dinosauriern, deren Aufrichtung des Rumpfes an die der Vögel erinnert, womit bekanntlich auch morphologische Beziehungen im Bau des Beckens harmonieren. Hier ist allgemein der mittlere Strahl verlängert. Die Iguanodonten zeigen in der Haltung eine deutliche Konvergenzähnlichkeit mit den Känguruhs.

Unter den placentalen Säugetieren ist die aufrechte Haltung des Bären besonders auffällig. Die erste Zehe hat hier ihre Besonderheit verloren. Beim Höhlenbär hat sie noch eine von den anderen Zehen mehr [illegible] Form und Haltung. Die geologisch älteren Carnivoren, wie die [illegible] nähern sich noch mehr den „primatoiden" Vorfahrenzuständen. Die [illegible] insame Wurzel macht die offenbare Menschenähnlichkeit verständlich. Der quadrupede Zustand unter Rückbildung der Clavicula ist ja das Sekundäre!

Fig. 87

Skelett eines Prosimiers.
Die Proportionen der Extremitäten sind denen der Menschen viel ähnlicher, als es bei den Anthropoiden der Fall ist. Tarsus sehr verlängert. Arm und Hand primitiv.

Auch die Betrachtung der Primaten widerlegt die von *Fick* aufgestellte Ansicht, denn mit Recht muß man fragen, warum denn nicht bei Affen sich allenthalben Anfänge der Bildung des Standfußes zeigen, wenn derselbe ein Produkt des halb aufrechten Ganges sein soll. Das ist ja gerade der Kernpunkt des ganzen Problems, diese auffällige Verschiedenheit zwischen den Menschen und ihren nächsten Verwandten; an diese Differenz muß doch logischerweise jeder Erklärungsversuch für die verschiedene Lokomotionsmethode zwischen Menschen und Menschenaffen anknüpfen. Um Klettermechanismen, um verschiedene Arten des „Baumbesteigens" handelt es sich bei allen höheren Primaten — es ist daher eine einfache logische Konsequenz, auch für den Menschen von derselben Basis auszugehen.

Ist es doch ganz unzweifelhaft, daß auch der Mensch ein Baumbewohner war, bevor er auf ebener Erde aufrecht ging.

Bei den Anthropoiden sehen wir die Anpassung an verschiedene Arten des Baumkletterns, die aber das gemeinsam haben, daß es sich um die Fortbewegung von Zweig zu Zweig und Baum zu Baum im dichten Urwald der Tropen handelt. Im einzelnen bestehen Verschiedenheiten, die zum Teil als solche des Temperaments erscheinen. Die östlichen Formen bieten geradezu Gegensätze dar in dem Phlegma des Orangs und der ungeheuren Lebendigkeit des Gibbons. Die Fähigkeit der letzteren, sich mit großer Geschwindigkeit durch die Wipfel der Urwaldbäume zu bewegen, kommt in ihren extrem verlängerten Armen zum Ausdruck, deren verkümmerte Greifhand uns schon im I. Teil beschäftigt hat. Auch der ähnlichen Umgestaltung der Arme des langsam und bedächtig kletternden Orangs haben wir dort schon Erwähnung getan.

Fig. 88.

Halbaffe als Beispiel eines primitiven Säugetiers mit halbaufrechter Kletterhaltung und menschenähnlicher Gliedmaßenproportion.
(Aus „Weltall und Menschheit", II.)

Die afrikanischen Formen bieten einen ähnlichen Unterschied in dem gewandten und lebendigen Schimpanse und dem mehr schwerfälligen und ernsten Gorilla, der relativ am meisten Bodengänger ist.

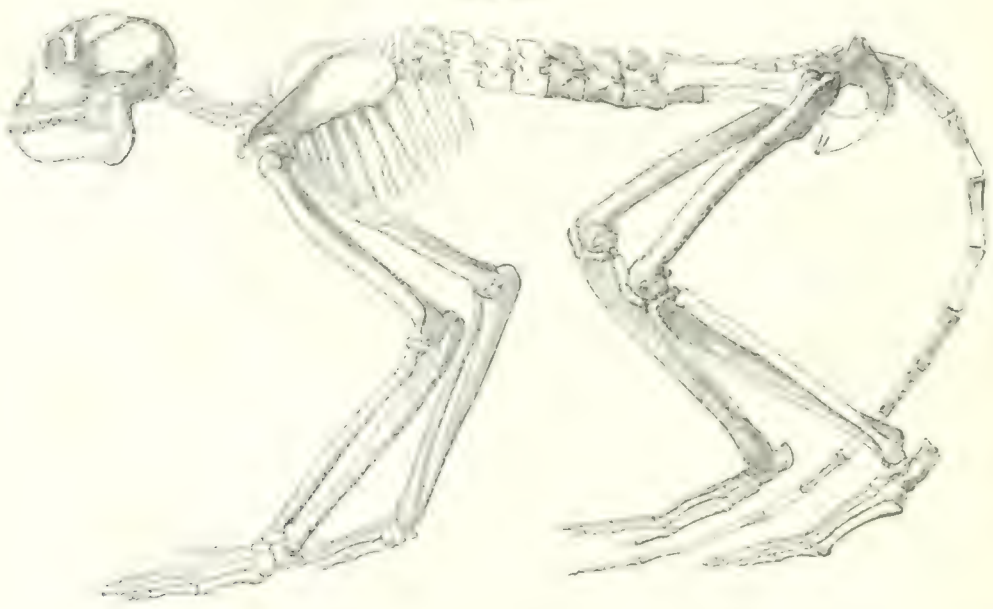
An der sekundären Natur der Armverlängerung der Anthropoiden dürfte heute wohl niemand mehr zweifeln. Das besagt einerseits, daß der Mensch in seiner Vorfahrenreihe kein solches Anthropoidenstadium durchlaufen hat, andrerseits, daß die Menschenaffenvorfahren viel menschenähnlicher waren als die heutigen Vertreter — in den Proportionen ihrer Gliedmaßen, also nicht nur der Arme, sondern auch der hinteren Extremitäten.

Hieraus ergibt sich, daß die Lokomotionsweise der vier Anthropoiden von demselben Ausgangsstadium, wie es für den Menschen anzunehmen ist, sich entwickelt hat. Damit stehen die Verschiedenheiten in Einklang, die sich bei den Anthropoiden selbst finden und die verschiedenen Versuche und Anfänge der Erwerbung eines aufrechten Ganges darstellen. Die Armverlängerung spielt dabei eine sehr verschiedene Rolle. Bei Orang und Schimpanse werden die langen Arme gleichsam wie Stöcke verwendet, die

den halb aufrechten Rumpf stützen. Aber die Füße werden dabei verschieden gehalten. Der Schimpanse biegt die Zehen und stützt sich auf deren Außenfläche, der Orang setzt den lateralen Fußrand auf, supiniert also den Fuß vollständig; die Sohle im ganzen setzt der Gorilla auf, der wie in der Fußgestaltung so auch in der Fähigkeit, ohne Hilfe der Armstützen sich emporzurichten, dem Menschen sehr nahekommt.

Nach der neuerdings ermittelten sehr nahen Verwandtschaftsbeziehungen der Gorillas zu einer der fossilen Menschenrassen der Eiszeit, dem Neandertaltypus, kann diese physiologische Annäherung nicht wunderbar erscheinen. Nehmen wir hinzu, daß auch der Gorilla an Menschenähnlichkeit seiner Proportionen bereits eine Einbuße erlitten hat, so wird es durchaus wahrscheinlich, daß die Vorfahren des Gorilla, die „Prä-

Fig. 50.



Skelett des miozänen Mesopithecus pentelici (nach *Pictet*) als Beispiel eines primitiven niederen Affen mit annähernd gleichlangen vorderen und hinteren Extremitäten.

gorilloiden", der Erreichung des vollaufrechten Ganges bereits sehr nahe gewesen sind.

Die scheinbar sehr abweichende Position des Orang dürfte sich aus einer, wie ich es bezüglich der Hand gezeigt habe, relativ späten und im geologischen Sinne gesprochen neueren Umgestaltung erklären, die seinen Fuß zu einem der Hand ähnlichen Klammerapparat herabsinken ließ. In der sehr anziehenden Schilderung, die *Th. Huxley* von den Lebensgewohnheiten des Orang gegeben hat, ist auch dieser Eigentümlichkeiten des Fußes gedacht (pag. 37):

„The Orang cannot put its feet flat on the ground, but is supported upon their outer ledges, the heel resting more on the ground, while the curved toes partly rest upon the ground" . . . . . ferner pag. 36: „An Orang climbs so slowly and cautiously as, in this act, to resemble a man more than an ape, taking great care of his feet, so that injury of them

seems to affect him far more than it does other apes.“ Hierbei wird man an die bereits erwähnte völlige Rückbildung des Nagels des Hallux denken müssen, die ein so deutliches Degenerationsmerkmal darstellt. „On the ground the Orang always goes laboriously and shakily, on all fours. At starting he will run faster than a man, though he may soon be overtaken. The very long arms which, when he runs are but little bent, raise the body of the Orang remarkably, so that he assumes much the posture of a very old man bent down by age, and making his way along by the help of a stick. In walking the body is usually directed straight forward, unlike the other apes, which run more or less obliquely; except the Gibbons, who in these, as in so many other respects depart remarkably from their fellows.“

Fig. 90.

Skelett eines neugeborenen Menschen (Europäer), die primitiven Proportionen des Extremitätenskeletts zeigend. Vordere und hintere Extremität annähernd gleich lang.

(Aus „Weltall und Menschheit“, II.)

Fig. 91.

Australierkind des ersten Lebensjahres, in seiner Körperhaltung den jugendlichen Anthropoiden ähnlich.

Klaatsch phot.

In dieser Schilderung ist der großen Menschenähnlichkeit des Orang, selbst im Gang trotz der Entartung seiner hinteren Extremität Rechnung getragen.

Die tiefgreifende Umgestaltung der Organisation der ganzen hinteren Extremität wird wohl am schärfsten gekennzeichnet durch die totale Rückbildung des Ligamentum teres im Hüftgelenk, eines fundamentalen Charakters der Säugetiere. Die Tatsache dieser Reduktion, die in der Literatur mehrfach behauptet wurde, habe ich durch eigene Beobachtung bestätigt.

In dem soeben zitierten Satze weist *Huxley* auf die exceptionelle Stellung der Gibbons hin. Obwohl diese Affen von manchen Autoren gar

nicht als wirkliche Menschenaffen anerkannt werden, haben sie doch neben dem Gorilla und in mancher Hinsicht noch denselben übertreffend die beste Fähigkeit aufrechter Haltung überhaupt. Aber es ist hier wieder eine andere Methode befolgt: Die langen Arme werden bekanntlich nicht wie beim Orang auf die Erde gestützt, sondern wie Balancierstangen zur Erhaltung des Gleichgewichtes benützt und flügelartig geknickt beim Laufen getragen. Es zeigt sich hierbei sehr deutlich, daß der Begriff des auf-

Skelett eines Hylobates, die extreme Verlängerung der vorderen Gliedmaßen zeigend.

(Aus „Weltall und Menschheit", II.)

Skelette von Gorillas: rechts ein jugendliches, links ein erwachsenes weibliches, in der Mitte ein altes männliches Exemplar. Die individuellen Unterschiede zeigen die allmähliche Entfernung von den menschenähnlichen Proportionen.

(Nach einer Photographie von *Hagenbeck*.)

rechten Ganges noch heute viel zu sehr schematisch als etwas Einheitliches aufgefaßt wird.

Was wir bei den Gibbons sehen, ist nicht eine dem langsamen würdigen aufrechten Gang des Naturmenschen vergleichbare Bewegungsweise, sondern ein Laufen; es erwächst hieraus die — nach meinem Erachten bisher nicht genügend gewürdigte Feststellung, daß „aufrechter Gang" mit sehr verschiedenartigen physiologischen Bedingungen kombiniert sein kann. Während beim Menschen hauptsächlich die Schaffung einer Gleichgewichtslage von Rumpf und Kopf die Ausprägung einer Vertikalachse von der Gehirnkapsel zur Lendenwirbelsäule als wichtig erscheint, fallen solche mechanische Anforderungen an den Bau der Wirbelsäulen usw. gänzlich fort, wenn es sich um ein nur kurze Zeit dauerndes schnelles Fortbewegen handelt, wie bei den Gibbons, deren Laufen man treffend mit dem der Seiltänzer verglichen hat. Beiden ist gemeinsam, daß der Fuß

nicht als Belastungsapparat funktioniert, sondern lediglich als Abstoßungsmittel bei schneller Ortsveränderung.

Der menschliche jugendliche Organismus macht in gewisser Weise ein Hylobatesstadium durch, insofern beim „Laufenlernen“ unverkennbar eine schnelle Fortbewegung zunächst bevorzugt wird, weil noch jener mechanische Ausgleich der Belastungsanpassung der Wirbelsäule, des Beckens, des Femurs, des Unterschenkels und des Fußes fehlt, die zusammengenommen erst die Fähigkeit der länger aushaltenden aufrechten Haltung beim Stehen garantieren.

Schnelles aufrechtes Laufen ist eine der Vorstufen aufrechten Ganges. Wir nehmen damit eine Betrachtung auf, die meines Wissens bisher noch keineswegs genügend angestellt wurde.

Der aufrechte Gang des Menschen ist eine so komplizierte Leistung verschiedenartigster Muskeln, daß man das Rätsel dieses Mechanismus nicht vom Fuß allein aus lösen kann.

Wie ich in meinen früheren Publikationen wiederholt betont habe, ist es ja nicht die Eigenart des Fußes allein, die den Menschen von seinen nächsten Verwandten unterscheidet, sondern mindestens ebenso in die Augen fallend ist die ganz einzig dastehende gymnastische Befähigung, die der Mensch in seinem ganzen Körper offenbart. Neben dem Gehirn ist dies vielleicht das allerbedeutungsvollste Unterscheidungsmerkmal des Menschen vom Tier — denn keines, auch kein Affe kann in der Vielseitigkeit der Stellungen, in denen der Mensch der Schwerkraft Hohn zu sprechen vermag, mit den Menschen konkurrieren.

Es ist gewiß kein Zufall, daß auch hierin die Gibbons unter allen Affen relativ noch dem Menschen am nächsten kommen, und wenn sie ihn auch durch die vogelähnliche Schnelligkeit ihres Dahinfliehens durch die Baumwipfel in einem Punkte weit übertreffen mögen, so sind sie eben doch in allem, was die Statik betrifft, wo Ruhe und Last mitsprechen, stark unterlegen. Es fehlt ihnen, wie allen Menschenaffen die starke Ausbildung jener Muskelgruppen, die nicht nur funktionell, sondern auch formell für unsere Vorstellungen gar nicht vom Begriff des vollendeten Menschenkörpers trennen lassen. Es sind die Schulter- und Gesäßmuskulatur, die die typisch menschliche Rundung bedingen. Ein Versuch, die Verschiedenheit dieser Muskulatur zwischen Menschen und den anderen Primaten zu erklären, ist vor meiner Theorie über den Klettermechanismus des Menschen überhaupt nicht gemacht worden.

Deshalb muß jeder Angriff, wenn er überhaupt einer Beachtung wert befunden werden soll, sich gegen diese Hauptargumente wenden, die ich von Anfang an für die Annahme ins Feld geführt habe, daß der Mensch einen die Fähigkeit voller Aufrichtung vorbereitenden Zustand durchgemacht haben muß. Diesen fand ich in der Art des Kletterns auf Bäume, die noch heute in allen niederen Zuständen der Menschheit eine so große Rolle spielt, wobei der Fuß nicht als Greiforgan, sondern als Abrollungsmittel benutzt wird.

Das Wesentliche bei dieser Art des Baumbesteigens ist, daß der Fuß als eine Einheit benutzt wird, indem entweder der innere Rand in eine natürliche oder künstliche Kerbe der Rinde eingesetzt oder die ganze

Fig. 94.

Erwachsener männlicher Gorilla beim Klettern im Urwald. Zu beachten die Proportionen der Extremitäten, der rückgebildete Daumen, der abstehende Hallux.
(Nach einem Gemälde von *W. Kuhnert.*)

Plantarfläche in extremer Supinationsstellung an die Oberfläche eines Baumstammes angelegt wird.

Im Unterschied von Klettern der Affen und der primitiven Kletter-säugetiere ist der negative Punkt wichtiger als der positive. Daß der Fuß

nicht zum Greifen dienen und daß daher der Hallux nicht in seiner ursprünglichen Funktion bleiben kann, darauf kommt es an. Hierzu gesellt sich die neue Leistung des Hallux, der als Teil des inneren Fußrandes funktioniert, hierbei eine sekundäre Verstärkung erfahrend. Die Erklärung solcher Umgestaltung aus der Bewegung auf ebener Erde ist gänzlich unmöglich. Wir haben ja schon gezeigt, daß nirgends bei halb aufrechtem Gange der innere Fußrand eine Verstärkung erfährt. Hier muß daher ein besonderer Faktor angegriffen haben und dafür bleibt nur derselbe Klettermechanismus übrig, der, ganz abgesehen vom Fuß, sich aus dem Studium der menschlichen Muskulatur als Postulat ergibt. So lange noch die Idee von dem „Freiwerden" der Arme bestand, konnte der naive Erklärungsversuch für die starke Schultermuskulatur durch das Werfen von Steinen oder dergleichen eine, wenn auch logisch höchst anfechtbare Scheinexistenz fristen. Wie ganz anders stellt sich aber dieser Erscheinungskomplex dar, wenn man den Fixpunkt nicht an der Schulter, sondern an der Hand sucht und der Überlegung Raum gibt, daß ein dem Klimmzug ähnlicher Klettervorgang die Verstärkung des Deltoides, des Pectoralis u. a. bedingt habe. Damit eröffnet sich sofort ein einheitliches Bild, das auch die Umgestaltung der Gesäßmuskulatur leicht verständlich macht. Die höchst mangelhafte Ausbildung der Gesäßmuskeln bei den Affen bildet einen der auffälligsten Unterschiede vom menschlichen Zustand. Der Versuch, den Körper aufzurichten oder der Wunsch, aufrecht zu gehen, wird die starke Ausbildung dieser Muskelgruppen nicht verständlich machen. Wenn aber durch einen Klettermechanismus, wie den geschilderten, die Glutaealmuskeln und im Zusammenhang damit auch die Antagonisten, besonders der Ileopsoas verstärkt werden, so wird diese Veränderung der Fähigkeit zur aufrechten Haltung auf dem Erdboden sehr wesentlich zugute kommen.

Fig. 95.

Junger Schimpanse. Die Gliedmaßen haben noch die primitiven Proportionen, sind annähernd gleich lang und viel menschenähnlicher als bei den erwachsenen Anthropoiden.

(Nach einer Photographie von Prof. *L. Heck*.)

Da bei allen Anthropoiden ein deutlicher Connex zwischen der Art ihres Baumkletterns und ihrer Bewegungsweise auf der Erde besteht, so wird man auch für die Menschenvorfahren etwas ähnliches nicht bestreiten

können. Bei einer Lebensweise teils auf Bäumen, teils am Boden wird naturgemäß Klettern und „Gehen" einander beeinflussen. Da wir ferner allgemein bei allen Säugetieren, allen Primaten Anpassungen an bestimmte Aufgaben der Gliedmaßen antreffen, die durch die Macht der Vererbung in langen Zeiträumen unter stets wiederholtem mechanischem Einfluß „fixiert" worden sind, so dürfen wir auch für die Vorgeschichte der Menschen und der Menschenaffen ein Gleiches annehmen. Es liegt mir fern, hier auf die Streitfragen der Vererbungsprinzipien, speziell die vererbbare

Fig. 96.

Erwachsener männlicher Orang-Utan, die Gangweise dieses Anthropoiden zeigend, mit Aufstützen des Arms und Aufsetzen der äußeren Fußränder.

(Nach einer Zeichnung von *Leutemann* (1894), aus einer Publikation von *R. Fick*.)

Wirkung der individuellen Übungen und Leistungen einzugehen; es genügt hier, auf jenen funktionellen Reiz hinzuweisen, der zweifellos vermittelst der Keimzellen die Gestaltung der Organismen beherrscht — ohne den niemals der Flügel des Vogels, die Grabpfote des Maulwurfs, das Bein der Huftiere in ihrer speziellen Gestaltung sich hätten ausprägen können. Nicht mehr und nicht weniger nehmen wir auch für den Menschen in Anspruch.

Nach diesen Überlegungen ist es gewiß keine allzu kühne Vermutung, daß unter dem langen Einfluß jener Kletterweise mit Einsetzen des Fußes

in natürliche oder künstliche Kerben oder Anlegen der Füße an die Rinde dickerer Stämme anfangs als spontane Variation Formen auftraten, die nicht mehr die abduzierte Großzehe besaßen, bei denen der Hallux den anderen Zehen mehr anlag, ohne dadurch bewegungslos geworden zu sein. Daß solche Individuen zum aufrechten Gang sich besonders gut eigneten, ist klar und so neige ich der Annahme zu, daß wie manche andere an-

Fig. 97.

Kletterweise des Gibbon mit Greiffuß und verlängerten Armen.
(Aus *W. Leche*, „Der Mensch". Verlag von G. Fischer, Jena.)

Fig. 98.

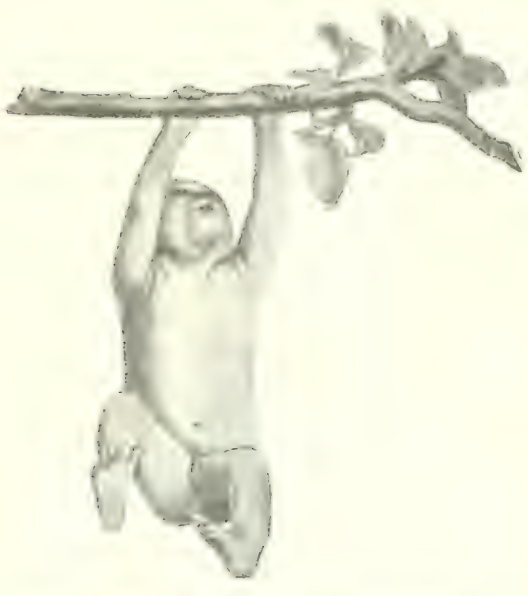
Junger Schimpanse. Die Hand dient als Klammer beim Festhalten. Die Haltung der unteren Extremitäten in typischer Supination.
(Aus *W. Leche*, „Der Mensch". Verlag von G. Fischer, Jena.)

fangs sporadisch auftretende günstige Variationen auch der Standfuß des Menschen sich immer weiter verbreitet hat.

Wenn diese neuen Anschauungen nur langsam sich Bahn brechen und gerade bei manchen anatomischen Fachkollegen wie *R. Fick* noch Ablehnung erfahren, so liegt das einmal daran, daß die von *Gegenbaur* begründete morphogenetische Betrachtung des menschlichen Organismus noch keineswegs allgemeiner Besitz geworden ist; ferner ist die noch vielfach zu ängstlich beobachtete Abgrenzung der den Menschen betreffenden Forschungsgebiete daran Schuld, die den meisten Anatomen Einblicke in

wichtige Nachbardisziplinen verwehrt. Besteht doch sogar noch heute die Tendenz, Kapitel der vergleichenden Rassenkunde, die den Menschenkörper betreffen, als etwas von der Anatomie Verschiedenes hinzustellen, und unter dem unklaren und viel mißdeuteten Begriff der „Anthropologie“ mit der veralteten Kraniometrie in einen Topf zu werfen. Demgegenüber kann nicht scharf genug betont werden, daß die moderne Anatomie doch nicht mehr sich mit der Feststellung einer angeblichen Norm des Mitteleuropäers begnügen darf, sondern auf breiterer Basis vergleichender Erforschung aller Hominiden und Anthropoiden einer erfolg- und arbeitsreichen Zukunft entgegengeht. Daß die Variationen und die Geschichte des Menschenfußes doch wohl ebenso viel Recht darauf haben, zur „Anatomie des Menschen“ gerechnet zu werden, als das Studium feinster Zellstrukturen, auf deren Erforschung Zoologie und Botanik ebenfalls Anspruch erheben, kann doch wohl nicht geleugnet werden. Nun ist ja freilich nicht zu erwarten, daß die moderne vergleichende Richtung der Anatomie überall sich schnell einbürgern wird, aber so viel darf man wohl schon jetzt verlangen, daß neue Ansichten wenigstens einer Prüfung unterzogen werden. Ganz entschieden Front machen aber muß man gegen das Bestreben mancher anatomischer Kollegen, solche neue Ideen, bloß weil sie nicht in das altgewohnte Geleise passen, mit einigen unsachlichen Bemerkungen bei Seite zu schieben, wie das *R. Fick* versucht, indem er im Anschluß an die sehr kurz gehaltene Ablehnung meiner Theorie die Bemerkung macht: „Überdies wird es im allgemeinen in jeder Landschaft, auch in Australien an der ‚Wiege der Menschheit‘ mehr dünne Bäume geben als besonders dicke.“ *R. Fick* spielt hierbei auf die nicht von mir, sondern von *O. Schötensack* aufgestellte Ansicht an, daß Australien die Heimat der Menschen gewesen sei. Da ich nie für diese Ansicht eingetreten bin, brauche ich darauf nicht näher einzugehen. Bezüglich der „Dicke“ der Bäume habe ich lediglich darauf Gewicht gelegt, daß es sich bei der Menschenart des Kletterns um Stämme handelt, bei denen die Greiffunktion des Hallux keine Rolle spielt. Ich habe in den betreffenden Publikationen stets darauf hingewiesen, daß kein prinzipieller Unterschied zwischen einer mit natürlichen Einkerbungen versehenen Palme oder einem dicken Stamm besteht, in den der Mensch künstliche Kerben gehauen hat, das gemeinsame und wichtige ist das Ein-

Fig. 99.



Menschenkind des ersten Lebensjahres in einer den Anthropoiden ähnlichen Kletterhaltung; die außerordentliche Kraft der Hände und die typische Kletterhaltung der Füße ist zu beachten.
(Aus *W. Leche*, „Der Mensch“. Verlag von G. Fischer, Jena.)

setzen der Großzehe und ihres Ballens in diese Kerben. Wenn *Fick* schreibt: „Bei jeder Art des Kletterns oder Baumbesteigens ist unbedingt ein schmiegsamer, in sich leicht beweglicher Greiffuß mit opponierbarer Großzehe mechanisch brauchbarer, als ein steiferer Standfuß", und wenn er ferner bemerkt, daß es ihm geradezu gesucht erscheine, von der „nächstliegenden eben selbstverständlichen Anschauung" abzugehen, daß der Standfuß sich in Anpassung an das Gehen auf der Erde entwickelt habe, so ist zu bedauern, daß *R. Fick* nicht selbst Gelegenheit gehabt hat, durch eigene Anschauung, das Klettern primitiver Menschentypen kennen zu lernen. Er würde alsdann wohl bald anderer Meinung werden. Ich will hier nicht mich auf meine eigenen Beobachtungen an Australiern und Indonesiern versteifen, sondern als unparteiischen Zeugen den bekannten Afrikaforscher und scharfsichtigen Beobachter Professor *Weule*-Leipzig[1]) zu Worte kommen lassen, der in seinem trefflichen kleinen Buche: „Die Kultur der Kulturlosen" pag. 57, über das Klettern der primitiven Menschen sehr richtig bemerkt, daß es zunächst ganz allgemein einem „Hinauflaufen am Stamme" entspricht, „während aber bei dünnen Bäumen die Füße sich mit der zwischen Ballen und Ferse gelegenen Hohlkehle an den Stamm schmiegen, sich sozusagen an seiner rauhen Rinde festsaugen, kommt das bei umfangreicheren Stämmen nicht in Betracht: jetzt ist es vielmehr der Ballen, auf den sich die ganze Last des Körpers stützt. Bei dünnen Bäumen umklammert der Kletterer den Stamm mit den Armen direkt; geht das nicht mehr, so nehmen diese Völker Kletterapparate zu Hilfe. Im einfachsten Fall ist das eine Liane, die man . . . mit kühnem Schwung um den Baum herumschwingt, um die freien Enden mit beiden Händen zu erfassen. Im Prinzip ganz gleich, in der Form aber weit vollkommener, als dieser ‚Kamin' der Australier, sind die Klettervorichtungen der Westafrikaner; in Kamerum gibt es außerordentlich sorgfältig geflochtene Apparate mit bequemen Handgriffen, mittelst deren der Neger an seinen Waldbäumen in die Höhe spaziert. Noch bequemer macht es sich der Loangoneger nördlich von der Kongomündung. Bei ihm läuft der Kletterstrick, meist ein zusammenhängender derber Bambusstreifen, nachdem er um den Stamm geschlungen ist, in sich selbst zurück. Will nun der Kletterer seine Kokospalme erklimmen, so tritt er dicht an den Baum heran, wirft sich die Schlinge über Kopf und Schultern, hebt deren um den Baum liegenden Teil schräg nach oben und legt sich nun mit seinem Rücken fest in den anderen Schlingenteil hinein, seine Fußballen gleichzeitig an den Baumstamm pressend. In dieser Lage vermag er ohne jedwede körperliche Anstrengung nach oben zu marschieren; lediglich für das regelmäßige Aufwärtsschieben der Schlinge hat er Sorge zu tragen."

[1]) *Weule* schließt sich nicht nur meiner Theorie vollständig an, sondern meint auch, daß die verblüffende Einfachheit derselben der Hauptgrund für die bisherige Ablehnung bei den Fachkollegen sei.

Diese Mitteilungen *Weules* ergänzen in willkommener Weise die früheren Angaben, die sich teils auf die australische und indische Welt, teils aber auch auf die amerikanischen Indianer beziehen. In älteren Reisewerken aus der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts, wie von *Dumont d'Urville*, finden sich bereits treffliche Abbildungen dieses menschlichen Klettermechanismus; für die Australier hat *Lumholtz* die ersten Angaben gemacht, die ich dann bestätigen konnte. Auf Ceylon beobachtete ich eine eigentümliche Kletterweise beim Ersteigen der Kokospalme: Die Singhalesen binden sich die Füße über den Malleolen zusammen und hüpfen so an den Stämmen auf und ab.

Das Erstaunlichste, was sich mir aus den eigenen Beobachtungen ergab, ist die große Geschwindigkeit, mit der die primitiven Menschen auf- und abklettern. Wie *Weule* sagt, ist es in der Tat ein Laufen, darin liegt eine Anknüpfung an die Lokomotionsweise der primitivsten Anthropoiden, der Gibbons. Indem wir den menschlichen Klettermechanismus an einen noch primitiveren Zustand anknüpfen, gewinnen wir die Möglichkeit einer allmählichen Komplikation des Kletterns, zunächst ohne jegliche Hilfsmittel auf Bäumen, wie Kokospalmen, dann mit Hilfsmitteln, als welche wir schon die um den Stamm geworfenen Schlingen kennen gelernt haben. Eine andere, sehr weit verbreitete und wichtige Methode war das Einschlagen künstlicher Kerben in die Rinde der Bäume. Hierdurch wurden die Bäume geradezu hergerichtet zum schnellen Auf- und Absteigen. Schon den ersten Seefahrern, die an die Küsten der australischen Inseln kamen, fielen diese Kletterkerben auf und wurden auch richtig gedeutet, selbst da, wo man der Eingeborenen nicht ansichtig wurde. So berichtete *Abel Tasman*, als er zuerst die Gestade der später nach ihm benannten australischen Südinsel sichtete, von diesen Kerben. Nach den Berichten der ersten Kolonisten auf dem Australkontinent müssen in den Gegenden, die von den Eingeborenen dichter bevölkert waren, die meisten Bäume klettermäßig hergerichtet gewesen sein. Noch heute sieht man sie in den Wäldern Queenslands in Gegenden, die jetzt fast verlassen sind. Als Instrumente für das Einschlagen der Kerben dienten offenbar große keilförmige Steinstücke, wie ich sie an früheren Lagerplätzen der Eingeborenen gefunden habe. Aus dieser Wahrnehmung ergibt sich aber noch eine wichtige Konsequenz für die Prähistorie der Menschen in Europa. Unter dem Inventar von Steinwerkzeugen, das uns vom fossilen Menschen Frankreichs bekannt wurde, finden sich zahlreiche Stücke, von denen es sehr wahrscheinlich ist, daß sie mit der Herstellung von Kerben etwas zu tun haben. Das gilt namentlich von den eigentümlichen großen mandelförmigen auf beiden Flächen behauenen Instrumenten, die zuerst bei dem Dorf Chelles unweit von Paris mit den Zähnen und Knochen der altdiluvialen Dickhäuter, des Elephas antiquus und Rhinoceros Merckii aufgefunden und von *Gabriel de Mortillet* mit dem Namen des Chelleentypus belegt wurden — Coup de poing — Faustkeil oder Fäustel nennt man sie jetzt gewöhnlich im Hinweis darauf, daß sie ohne Schaftung in der Faust gebraucht

wurden. Über die Verwendung dieser in der älteren Diluvialzeit Frankreichs sehr häufigen Stücke ist viel diskutiert worden. Es ist gewiß anzunehmen, daß sie nicht ausschließlich einem Zweck dienten, sie mögen zur Bearbeitung von Holz zur Herstellung von Keulen, vielleicht auch zur Zerlegung der Beute und Behandlung der Tierfelle für Kleidung gedient haben, nach ihrer ganzen Form aber passen sie so vortrefflich zu dem Zweck, Kerben in die Bäume zu schlagen, daß man wohl auch an diese Verwendung denken darf. In diesem Sinne ist wahrscheinlich auch die Tatsache zu deuten, daß schon während der älteren Diluvialzeit diese Instrumente seltener werden und aufhören, im Zusammenhang mit dem Herannahen einer Eiszeit, die jedenfalls auch in den nicht von den Gletschern direkt berührten Gegenden die Flora ungünstig beeinflußte. Wir sehen dann in der auf das Chelléen folgenden Monstérienperiode den Menschen Höhlenbewohner werden, der Faustkeil ist für immer geschwunden in Europa. Aus anderen Gegenden aber, Afrika, Indien, sind ganz ähnliche Instrumente bekannt geworden, so daß es sehr wahrscheinlich wird, daß die Menschen unabhängig von einander, immer wieder auf die Verwendung solcher keilförmigen Stücke kamen zu gleichem Zweck bis in die Gegenwart, in der uns die australischen Wilden noch einen Rest altsteinzeitlicher Menschheit vor Augen führen.

Fig. 100.

Australischer Eingeborener, mit um den Stamm geworfener Liane an einem Baume emporsteigend. (*Klaatsch* phot.)

Wer diesen kulturellen Problemen menschlicher Urzeit ferner steht, mag wohl zu der Frage gedrängt werden, was denn die Menschen zu so häufigem Besuch von Bäumen veranlaßt hat. Hierfür genügt der Hinweis darauf, wie sehr der Mensch in seinen Anfangszuständen auf diesen seinen alten Aufenthaltsort angewiesen war — oder blieb. Man braucht ja nur an die Jagd auf kleine baumlebende Säugetiere sowie auf Vögel zu erinnern, die in dem Lebensunterhalt der heutigen Wilden noch eine große Rolle spielen. Ferner muß man an die hohe Bedeutung denken, die z. B. die Kokosnuß in allen tropischen Gegenden noch heute für den Menschen besitzt. Der Genuß dieser Frucht muß ein uraltes Erbteil der Menschheit sein. Auf Java in dem Affenpark des Herrn Geheimrat *Neisser* beobachtete ich mehrfach einen jungen Orang, der Kokosnüsse in einer sehr geschickten und zielbewußten Weise öffnete, indem er erst die faserige Hülle mit den Zähnen abriß und

dann mit einem Stein, den er vom Boden aufnahm, äußerst geschickte Schläge auf den Pol der Nuß führte, an welchem sich die Narben befinden. So gelang ihm die Eröffnung jedesmal. Ob dieses künstlich beigebracht oder Naturtrieb = Fertigkeit war, weiß ich nicht. Da aber die ganze Lebensweise der Anthropoiden auf Fruchtnahrung hinweist, so dürfte auch für den Menschen eine wenigstens teilweise vegetarianische Lebensweise in den ältesten Zeiten eine wichtige Rolle gespielt haben — eine Verstärkung carnivorer Lebensweise trat jedenfalls beim Urmenschen ein, als er zuerst auf den Gedanken kam, seine arg- und ahnungslosen Mitgeschöpfe zu morden, was ihm anfangs sehr leicht geworden sein muß, da die Tiere erst allmählich die mörderische Natur der Menschen erkannt und vor ihnen Furcht bekommen haben werden.

Fig. 101.

Australischer Eingeborener beim Erklettern eines hohen Baumes. (Nach einer Abbildung von *Lumholtz* und einem Gemälde von *W. Kranz* in „Weltall und Menschheit", II.)

Auch als Wohnstätte und Zufluchtsort hat der Baum sicher für den Menschen noch lange Zeit eine große Bedeutung besessen. Die Nesterbauten des Orang und Schimpanse, die Baumwohnungen heutiger niederer Völker in Ozeanien, die Sitte der Australier, ihre Toten auf nestähnliche Plattformen in Bäumen zu bestatten — alles dieses weist auf die große Rolle der Bäume als Aufenthaltsort hin. Es würde zu weit führen, der Frage nachzugehen, welche Stellung der Baum auch noch bis in jüngere Zeiten

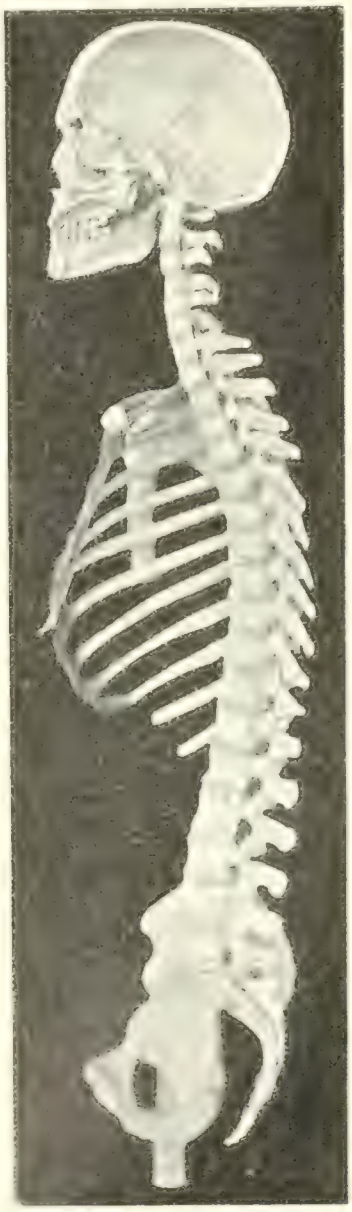
in der Geisteswelt und Phantasie des Menschen eingenommen hat. Es genüge der Hinweis auf die heiligen Bäume und Haine des Altertums, an die Säulen, die nichts anderes als Nachahmungen von Bäumen darstellen, auf die Rolle der Bäume in der germanischen Mythologie.

Fig. 102.

Schultermuskulatur des Menschen (Europäer) in der Kletterhaltung. Anspannung aller Portionen des Deltoides.

(Aus „Weltall und Menschheit", II.)

Fig. 103.



Medianschnitt des Achsenskeletts des Menschen, um die Krümmungen der Wirbelsäule zu demonstrieren. Europäer.

(Aus „Weltall und Menschheit", II.)

Hat man sich einmal mit der Vorstellung vertraut gemacht, daß nicht im tropischen Urwald, sondern in solchen mit einzeln stehenden, freien Ausblick gewährenden Bäumen die Entfaltung der Menschheit sowie auch ihre Ausbreitung vor sich ging, so ergeben sich wichtige Konsequenzen für die menschliche geistige und körperliche Ausgestaltung aus dem Baumersteigen. Nicht nur daß die Möglichkeit, freien Ausblick zu halten, für die Erspähung von Beute und Gefahr für den Menschen wichtig wurde, seinen Horizont im wahren Sinne des Wortes erweiterte, sondern auch die veränderte Körperhaltung dürfte für die Vergrößerung der Gehirnkapsel nicht gleichgültig gewesen sein.

Die oben bereits angestellten Betrachtungen über die Bedeutung des menschlichen Klettermechanismus für die Verstärkung der Schulter-, Brust-,

Gesäß- und Beckenmuskulatur führt sofort zu weiteren Konsequenzen über die Umgestaltung der Wirbelsäule. Die in ihren Einzelheiten überaus mannigfaltige gymnastische Schulung, die dem Menschenkörper durch das Klettern zuteil wurde, muß auch für die Fähigkeit der Rückwärtsbiegung der Wirbelsäule wichtig geworden sein. Die Abstoßbewegungen beim Emporstemmen führen zu Körperhaltungen, bei denen Bein, Wirbelsäule und Kopf in annähernd eine Gerade kommen, also zu Haltungen, die auf ebener Erde der aufrechten Stellung entsprechen würden; die Verstärkung der Rückenmuskulatur, des „Erector trunci", der vereinigten Lendenteile des Semispinalis und Longissimus wird die Verlegung des Schwerpunktes nach hinten auch auf ebener Erde erleichtert haben. Damit aber ist die Annäherung an die Balanzierung des Kopfes gegeben, welche eine Vergrößerung des Volumens der Gehirnkapsel mechanisch gleichgültig erscheinen läßt. Bei allen Tieren, speziell Primaten und den Anthropoiden, namentlich bei Orang und Gorilla in hohem Maße, vollzieht sich eine relative Verkleinerung der Gehirnkapsel im individuellen Leben. Das starke Zurückbleiben des Gehirns bei den großen Menschenaffen läßt Orang und Gorilla in ihren höheren Alter so sehr tierisch, man möchte fast sagen mikrocephal erscheinen, im Unterschied von dem durch schöne Schädelwölbung sehr menschenähnlichen Jugendzustand. Der Mensch verharrt in gewissem Sinne im Jugendzustand, indem bei ihm die freilich auch hier eintretende relative Verkleinerung der Hirnkapsel sich viel weniger bemerkbar macht als bei seinen Verwandten. Das Nähere über diese mechanische Bedeutung des aufrechten Ganges für die Gehirnvergrößerung soll in einem späteren Teil dieser Studien besprochen werden. Hier kommt es zunächst hauptsächlich auf Veränderungen der Wirbelsäule an. Die Lordose der Lendenwirbelsäule ist der Ausdruck für die mechanische Veränderung der Rückwärtsverlagerung des Schwerpunktes.

Ich habe gefunden, daß die scharfe Abknickung der Lendenwirbelsäule gegen das Kreuzbein, die als „Promontorium" für gewöhnlich beim „Europäer" angetroffen wird, bei den Australiern fehlt und daß sich an dessen Stelle eine mehr allmählich sich vollziehende gleichmäßige Vorwölbung der Lumbosacralregion der Wirbelsäule findet. Ferner konnte ich zeigen, daß die Australier ein Minus an Volumen der Lendenwirbelsäule aufweisen, das ich im Sinne einer relativ geringeren Anpassung an Belastung deutete. Zahlreiche Tatsachen, die teils schon von früheren Beobachtern an den Knochen der unteren Extremität gefunden, teils von mir festgestellt wurden, konnte ich unter einen gemeinsamen Erscheinungskomplex zusammenfassen: Es bestehen deutliche Unterschiede innerhalb der Menschheit mit Rücksicht auf die Anpassung des Skeletts an die aufrechte Körperhaltung.

Der niedere Zustand, wie er mir wenigstens von den Eingeborenen Australiens am besten bekannt ist, zeigt noch eine Fülle von Merkmalen, die auf eine geringere Belastung und auf eine Neigung zur vormenschlichen halb aufrechten Haltung hinweisen: die gracile Beschaffenheit des

Tarsus, die sagittale Krümmung der Tibia, besonders die „Retroversion" des Tibiakopfes, die noch an den Zustand der Winkelknickung des Beines erinnert; damit kombiniert sich die gerade Gestaltung der Fibula als ursprünglicher Zustand. Am Femur geht der Schaft in unvermittelter Weise in die Verbreiterung am Knie über, das Collum femoris ist steil emporgerichtet; das Becken ist steil und eng in beiden Geschlechtern; das Kreuzbein ist häufig auffällig schmal, entsprechend der geringen Dimensionen der Lendenwirbel. Trotz aller dieser inferioren oder „Beugemerkmale", wie ich sie zusammenfassend bezeichnen möchte, sind die Australier vollständig zum aufrechten Gang befähigt, sie haben sogar eine sehr stolze Haltung.

Hieraus habe ich den Schluß gezogen, daß man sehr wohl unterscheiden muß zwischen dem rein physiologischen Begriff des aufrechten Ganges und dem morphologischen Begriff der Umgestaltung des Skeletts der Wirbelsäule und der unteren Extremität in Anpassung an die Gewohnheit aufrechter Körperhaltung.

Durch diese kritische Sonderung wird die Möglichkeit der Erklärung der Erwerbung des aufrechten Ganges sehr wesentlich erleichtert. Der Zustand des Australiers knüpft rein anatomisch betrachtet an die niederen Zustände direkt an, ist in vieler Hinsicht primitiver als bei den Anthropoiden, daher „präanthropoid", wie ich es nenne. In seiner Abkapslung von der übrigen Welt ist er in dem Stadium des Klettermenschen primitivster Art erhalten geblieben. Mit Vorliebe sinkt sein Körper wieder in die alte Ruhelage zurück mit gekrümmtem Rücken, das Gesäß auf den Fersen aufruhend; die Knie an die Brust gezogen — eine Haltung, die an die intrauterine erinnert.

Diese Hockerstellung ist allgemein auch den Toten gegeben worden; auch in der alten und der neueren Steinzeit Europas. Noch heute schnüren die Eingeborenen Australiens ihre Toten in dieser Haltung mit Pflanzenfaserstricken zusammen zu Hockermumien.

Eine deutliche Parallele zu den Beugemerkmalen der erwachsenen primitiven Zustände der Menschheit liefert das Jugendstadium der höheren Rassen, speziell der Europäer. Auch hier können wir feststellen, daß zuerst der aufrechte Gang erworben wird unter Fortbestand einer Anzahl niederer Merkmale am Skelett bis zur Pubertätszeit und daß erst allmählich die Anpassung an die Folgen der aufrechten Haltung sich an den Teilen der unteren Extremität und der Wirbelsäule definitiv ausprägen. Das Europäerkind bietet eine stammesgeschichtliche Wiederholung des erwachsenen Australierzustandes dar. Es sei hier nur beiläufig darauf hingewiesen, daß ein ganz ähnlicher Zusammenhang sich auch an anderen Teilen und Organen zeigt, wie z. B. in der Gesichtsbildung bezüglich der australoiden Stumpfnase.

Um von den Teilen der unteren Extremität ein Beispiel herauszugreifen, so möge der Gestaltung der Tibia gedacht werden, die im jugendlichen Europäerzustand noch lange die Retroversion des Caput erkennen läßt. *G. Retzius* hat zuerst auf dieses Verhalten beim Neugeborenen der

Europäer hingewiesen. Die völlige „Aufrichtung" der Tibia findet meist erst gegen das zehnte Jahr hin statt. Damit verändert sich auch, wie ich gezeigt habe, die Fibula, die mit ihrem Caput der Aufrichtung der Tibia folgt, wodurch der ganze Knochen die nach vorn konkave Gestaltung bekommt im Unterschied von der einfachen Geraden in den niederen Zuständen.

Am Fuß tritt in Anpassung an die stärkere Belastung eine Verstärkung und Vergrößerung der Tarsusteile ein.

Das Fußskelett der Australier ist auch im männlichen Geschlecht gracil.

Die gleiche Erscheinung ist von den Vettern *Sarasin* an den Füßen der Veddahs festgestellt worden. Es fehlt hier gänzlich die massige, oft plumpe Ausbildung von Knochensubstanz wie beim Europäer. Kleinheit, Eleganz, Zartheit verbindet sich mit scharfer Ausprägung des Reliefs an Furchen, Fortsätzen und Gelenkflächen.

Am Femur ist die Verbreiterung des distalen Drittels des Schaftes, die „trompetenförmige" Gestaltung ein Ausdruck für die stärkere Belastung. Am Becken stellt sich die Verbreiterung des Ganzen, Abflachung der Schaufeln ein; das Kreuzbein wird viel massiver und damit auch die Lendenwirbelsäule im Unterschied von dem Brustteil. Hierzu kommt die scharfe Ausprägung des Promontorium.

Alle diese Erscheinungen sind vorläufig beim Europäer am genauesten bekannt. Aber auch die Afrikaneger sind deutlich darin von den Australiern unterschieden. Hingegen stimmen die Veddahs und andere primitive östliche Völker mit den Australiern überein. Auch unter den fossilen Menschentypen Europas zeigen sich beträchtliche Unterschiede. Die gracile Aurignacrasse schließt sich in ihrem Skelettbau ganz an die Australier an.

Die Untersuchung dieser Verschiedenheiten bei den Menschenrassen stellt ein Arbeitsgebiet dar, das erst seit wenig mehr als zehn Jahren in systematischer Weise in Angriff genommen worden ist. Das Studium der fossilen Menschenknochen führte mich auf dasselbe und im Jahre 1902 versuchte ich zum erstenmal auf dem Anthropologenkongreß zu Dortmund die „Variationen am Skelett der jetzigen Menschheit in ihrer Bedeutung für die Probleme der Abstammung und Rassengliederung" zu behandeln. Für die Wirbelsäule und die untere Extremität bildeten die hier kurz wiederholten Gesichtspunkte die Grundlagen meiner Studien auf einem Gebiete, auf den man bis dahin nicht imstande gewesen war, in das Chaos individueller Variationen Ordnung zu bringen.

Als leitender Gedanke ergab sich aus meinen Untersuchungen die Erkenntnis, daß uns der Komplex der Beugemerkmale den Urzustand des Skeletts der unteren Extremität und der Wirbelsäule offenbart und daß von dieser gemeinsamen Basis aus sich die Zustände der anderen Menschentypen — der modernen Europäer, der Negroiden und der Mongoloiden sich entwickelt haben, und zwar unabhängig voneinander. Durch eine solche Betrachtungsweise gewinnt der Begriff der Rassenmerkmale eine neue

Vertiefung im genetischen Sinne. Viele der Verschiedenheiten, die wir darin zwischen höheren und niederen Rassen antreffen, stellen sich als Fixierungen verschiedener Etappen von Entwicklungsgängen dar, die eine allmähliche Anpassung an die aufrechte Körperhaltung dokumentieren. Da nun aber verschiedene Entwicklungsgänge niemals zu ganz gleichen Resultaten führen, so besteht a priori schon die Möglichkeit, daß sich z. B. zwischen Negroiden und Mongoloiden Verschiedenheiten finden werden, die nun als Rassenmerkmale aufgefaßt werden dürfen.

Für die heutige europäische Bevölkerung ist bezüglich dieser osteologischen Charaktere ein einheitliches Bild nicht zu erwarten. Die Mischung aus mindestens zwei ganz verschiedenen Zweigen der Menschheit, die schon zur Eiszeit eintrat, läßt die große individuelle Variation begreiflich erscheinen. Von den beiden bisher festgestellten Urrassen unterscheidet sich die Neandertalrasse in ihrem Skelett der unteren Extremität durch Plumpheit und Derbheit der Knochen von der oben erwähnten australoiden Aurignacrasse.

Über die Tarsusknochen der Neandertalmenschen des belgischen Spyfundes hat 1902 Prof. *Lebouc*q-Genf auf dem Anatomenkongreß zu Halle Mitteilungen gemacht. Der plump-massive Bau des Talus, der kurz und breit ist, stimmt ganz mit dem Erscheinungskomplex überein, den ich für die Tibia der Neandertalrasse festgestellt habe. Meine neueren Untersuchungen haben sehr bemerkenswerte Annäherungen der Tibia an die Zustände beim Gorilla ergeben. Die individuellen Variationen dieser afrikanischen Anthropoiden bieten verschieden starke Anklänge an den Neandertalzustand. Die kurze plumpe Tibia dieser Menschenaffen und der Neandertalmenschen weisen auf ganz andere Belastungszustände hin, als sie bei den Australiern sich finden. Hieraus ergibt sich für den Gorilla die Wahrscheinlichkeit, daß seine Vorfahren der Anpassung an aufrechte Körperhaltung in mancher Hinsicht bereits unterworfen waren. Ganz sekundär sind dann durch die veränderte Lebensweise die vom Menschen abweichenden Proportionen der Gliedmaßen beim Gorilla entstanden. Sein Fuß aber zeigt sich auch bei dieser Betrachtung als der dem Menschen ähnlichste von allen Primaten.

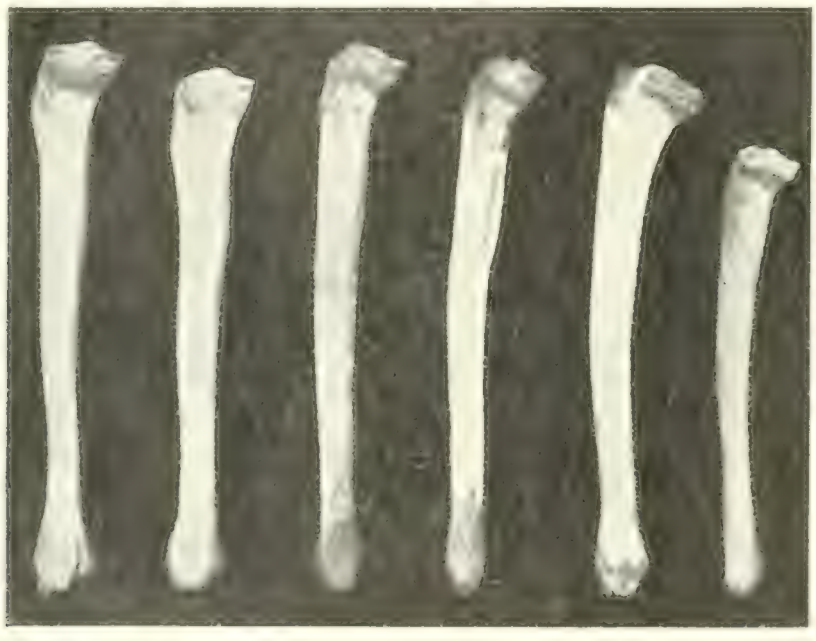
Eine sehr dankbare Aufgabe zukünftiger Forschung wird die genaue systematische vergleichend-anatomische Untersuchung des Fußskeletts der Menschenrassen und Menschenaffen bilden. Mein Vorgehen auf diesem ganzen Gebiete hat noch keineswegs hinreichend Nachfolger gefunden. Erst mühsam bricht sich die Erkenntnis von der Bedeutung dieser Variationen für das Verständnis des Menschen Bahn.

Es ist daher sehr zu begrüßen, daß in neuerer Zeit von praktisch medizinischer Seite das Interesse an der Stammesgeschichte des Menschenskeletts sich regt. Ein treffliches Zeugnis hierfür ist eine aus der chirurgischen Klinik des Geheimrat *Bier* zu Berlin hervorgegangene Publikation von Prof. Dr. *R. Klapp*: „Der Erwerb der aufrechten Körperhaltung und

seine Bedeutung für die Entstehung orthogenetischer Erkrankungen" (Münchener med. Wochenschr., Nr. 11 und 12, 1910).

Ich habe diese Publikation mit der größten Freude begrüßt und sie [illegible] Anlaß für mich geworden, hier die ganze Frage von meinem [illegible] aus noch einmal ausführlich im Zusammenhang zu behandeln. Ich bemerkte nämlich, daß *R. Klapp* bei seinen Betrachtungen sich viel [illegible] auf einen quadrupeden Vorfahrenzustand als Ausgangsstadium [illegible]teift. Er kennt zwar meine Arbeiten zum Teil und hat offenbar auch [illegible]nige Anregung aus ihnen geschöpft, aber das Wesentliche an meiner [illegible]nzen Anschauung ist ihm doch nicht bekannt geworden. Gegenüber der

Fig. 101.



Vergleichende Zusammenstellung der Tibiae von zwei Europäern links, zwei Australiern, einem Afrikaneger und einem Negrito rechts, um die Verschiedenheiten der Aufrichtung des Tibiakopfes zu zeigen

(*Klaatsch* phot. Aus „Weltall und Menschheit", II.)

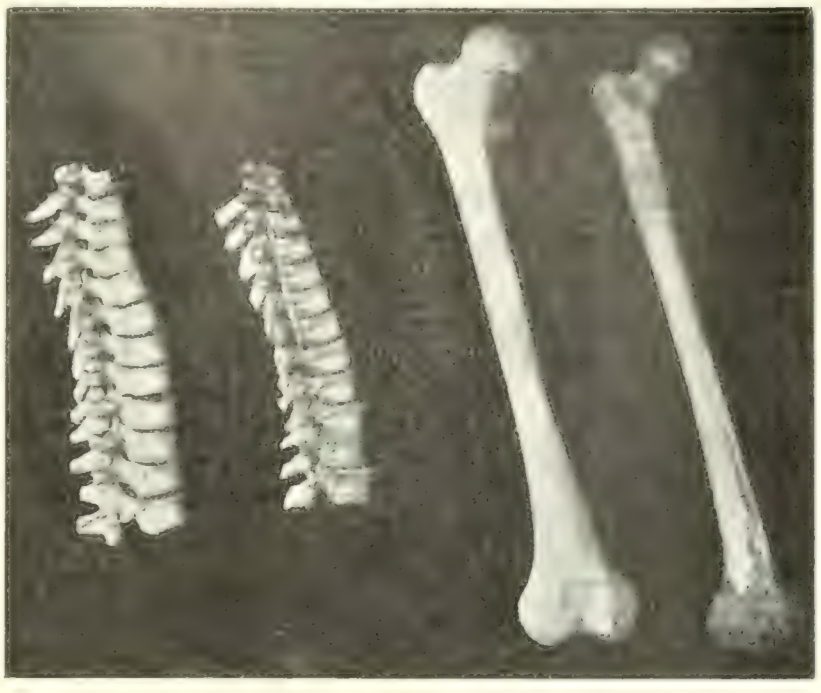
wirklich bahnbrechenden Tendenz, die in dem Bestreben von *R. Klapp* hervortritt, würde ich an sich auf die nicht genügende Kenntnis meiner Ansichten wenig Gewicht legen, aber ich habe die Überzeugung, daß eine erneute Prüfung des Problems in meinem Sinne für den Gedankengang der Publikation *Klapps* neue Anregungen geben und manche der scheinbaren Schwierigkeiten beseitigen wird, die *Klapp* hervorhebt.

Das gilt in erster Linie von der Frage, wie es kommt, daß die niederen Menschenrassen keine der schädigenden Wirkungen zeigen, die bei den „höheren" hervortreten.

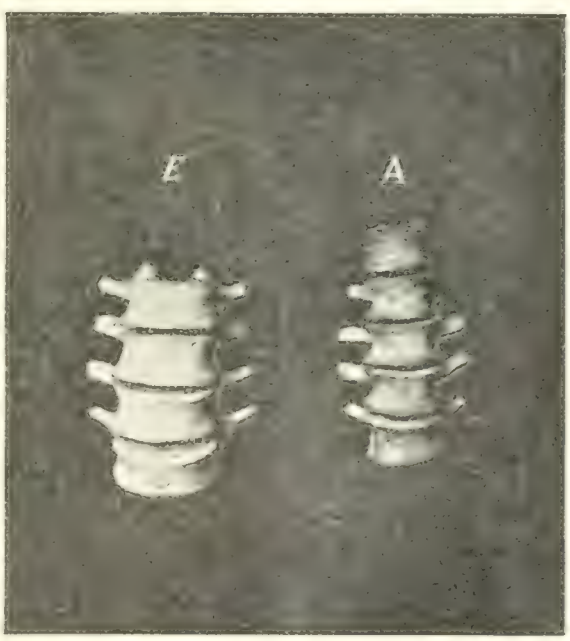
Klapp schreibt: „Anscheinend hat aber die aufrechte Körperhaltung wenig geschadet. Jedenfalls wußte man bisher kaum etwas von Schädigungen, die auf den Erwerb der aufrechten Körperhaltung zurückzuführen

wären. Dazu hören wir, daß tiefer stehende Menschenrassen sich weniger an den aufrechten Gang angepaßt haben als wir. Wenn der Erwerb der aufrechten Haltung unmittelbar Schädigungen nach sich zöge, so müßten tiefer stehende Stämme, wie z. B. die Veddas, mehr unter solchen leiden als wir, da sie sich weniger angepaßt haben, als wir. Und doch hören wir von allen Reisenden, daß diese niederen Rassen an keiner der in Betracht kommenden Krankheiten leiden. Diese Verhältnisse machen das Objekt gerade recht interessant und bedeutungsvoll."

Fig. 105.



a



b

a Brustwirbelsäule eines Europäers links und eines australischen Eingeborenen rechts; daneben die entsprechend annähernd gleichlangen Femoren. *b* Lendenwirbel derselben Individuen. Die relativ geringen Dimensionen der Wirbel des primitiven Menschentypus in Vergleichung mit denen der Europäer.

(*Klaatsch* phot. Aus „Weltall und Menschheit", II.)

Machen wir bei diesem Satz zunächst einmal Halt. In der Tat wäre es ganz unbegreiflich, wie diese Erwerbung der aufrechten Körperhaltung bei den niederen Rassen ohne Schädigungen hätte erfolgen können, wenn sie so vor sich gegangen wäre, wie *R. Klapp* sie sich vorzustellen scheint. Er

basiert seine Betrachtungen wesentlich auf *Wiedersheim*, und zwar auf eine ältere Auflage von dessen „Bau des Menschen", in denen auf meine Untersuchungen nur wenig Bezug genommen wird. So kommt es, daß er sogar beim Descensus der Hoden meinen Namen nicht zitiert. Für die vordere Extremität teilt er noch ganz die alte Auffassung von der sekundären Gestaltung „als allmählich freier und geschickter zu handhabenden Hebel".

„Das Schlüsselbein entwickelt sich weiterhin zu einem Strebepfeiler zwischen Sternum und Schulterblatt und schiebt so die obere Extremität vom Rumpf ab, was eine Erleichterung der Beweglichkeit dieser Extremität bedeutet." Wir wissen heute, daß gerade in dieser Beschaffenheit der Clavicula der Mensch ebenso wie in seiner Hand uralte Zustände fortführt.

Auch alle anderen Betrachtungen über die Formveränderungen des Thorax, die Modifikationen des Kreislaufs usw., würden in dem Gedankengange *Klapps* sich naturgemäßer und richtiger darstellen, wenn er dabei nicht von dem horizontalen Rumpf, sondern von der halbaufrechten Körperhaltung ausgehen würde. Wenn ich darauf Gewicht lege, so geschieht es hauptsächlich, weil sich aus der Änderung der Voraussetzung auch praktische Änderungen für die Konsequenzen ergeben.

Unter der Bezeichnung „Orthogenetische Nachteile" faßt *Klapp* alle die Schädigungen zusammen, die dem Menschen durch die Erwerbung der aufrechten Körperhaltung zuteil geworden sind. Wenn auch der Mensch, wie *Klapp* ausführt, erst hierdurch „in den Stand gesetzt wurde, sich weiter körperlich und kulturell zu entwickeln, so ist ihm die aufrechte Körperhaltung doch nicht ausschließlich nützlich gewesen, sondern sie hat ihm auch Nachteile gebracht, die als zunächst latente Disposition aber schon den Keim zur Entwicklung mancher Folgekrankheit in sich tragen sollten."

Da bei niederen Rassen dieses schädigende Moment fehlt, so schließt er:

„Es muß darnach ein auslösendes Moment hinzukommen, das die Unzweckmäßigkeit der aufrechten Haltung erst manifest macht, und das ist zweifellos gegeben in der Kultur und ihrem degenerierenden Einfluß auf die Stütz- und Bindegewebe."

Sehr treffend ist der Ausdruck „Belastungsdeformitäten" als Sammelbegriff für alle Schäden, die aus der „Insuffizienz" der Stützapparate hervorgehen.

Folgt man meiner Deduktion, so fallen alle diese Erscheinungen zusammen mit den sekundären Anpassungen an die mechanischen Bedingungen der aufrechten Körperhaltung. Den von *Bier* stammenden theoretischen Begriff der „Schwäche der Binde- und Stützsubstanzen" möchte ich als eine stammesgeschichtliche Erschlaffung oder Ermüdung der Teile auffassen, die den neuen Belastungsbedingungen unterworfen wurden. Inwieweit dafür der Kultur als solche die Schuld zugemessen werden soll,

möchte ich dahingestellt sein lassen. Hohe Kulturvölker, wie Japaner und Chinesen, leiden, wie mir scheint, weniger unter diesen Dingen als die Europäer.

Es wäre jedenfalls eine sehr wichtige und dankbare Aufgabe, eine Zusammenstellung darüber zu machen, wie sich die Häufigkeit der von *Klapp* hauptsächlich betonten Erkrankungen bei den verschiedenen „höheren" Menschenrassen stellt.

Gewiß will ich nicht den schädigenden Einfluß der Kultur, d. h. in diesem Falle des Verlassens der wilden Lebensweise leugnen. Wir sehen, daß die Australier sofort Zahncaries bekamen, wenn sie mit Europäern zusammenleben, sofort Tuberkulose, sobald sie Kleider anziehen. Aber andrerseits haben manche Kulturvölker eine mehr widerstandsfähige Konstitution als andere.

Die Erkrankungen der Skelette von Affen, die in zoologischen Gärten gehalten werden, zeigen auch die Schädigungen unnatürlicher Lebensweise.

Eine weitere Verfolgung des von *Klapp* angeregten, sicher sehr fruchtbaren Gedankenganges wird zu einer noch schärferen Analyse darüber führen, für welche Schädigungen denn wirklich die vertikale Haltung in Betracht kommt.

Ich wundere mich, daß er unter der Kategorie der orthogenetischen Erkrankungen nicht die Leisten- und Schenkelbrüche anführt, bezüglich deren sich wenigstens mir zuerst und lange vor den Untersuchungen von *Klapp* die Annahme aufdrängte, daß sie als ganz spezifisch menschliche Krankheiten doch sehr wahrscheinlich mit der Erwerbung der völligen Aufrichtung zusammenhängen. Bei Australiern ist mir nichts über das Vorkommen solcher Leiden bekannt geworden. Es ist daher jedenfalls die sekundäre Wirkung der aufrechten Haltung in Verbindung mit der Erschlaffung der Stütz- und Bindegewebe, auf deren Rechnung die Hernien zu setzen sind. Bei den Leistenbrüchen liegt eine verhängnisvolle Kombination der uralten Säugetier-Erwerbung der männlichen Keimdrüsenverlagerung mit den Änderungen des intraabdominalen Druckes infolge der vollständigen Aufrichtung vor. Die eigentlich unnatürliche Haltung des Oberschenkels beim Stehen hat zu Spannungen in der Inguinalregion geführt, durch welche die präexistierenden Loci minoris resistentiae ihre verhängnisvolle Bedeutung gewinnen. In einer schon weit zurückliegenden Arbeit über den Arcus cruralis (Anatom. Anzeiger 1887) habe ich die Verschiedenheit der Regio inguinalis und der Regio femoralis bei Affen und Menschen dargestellt. Hierbei konnte ich zeigen, daß die derben Fascien jener Gegenden sich erst beim Menschen finden: „Die Fascien dieser Gegend sind bei den Affen wenig entwickelt. Dies gilt besonders von den Spezialfascien der Muskeln des Beckens und des Oberschenkels." Die Fascia lata fand ich bei Cynocephalus „von quer und längs zur Extremitätenachse verlaufenden Fasern gebildet, locker angeheftet an die Aponeurose des Obliquus exter-

nus". Erst beim Menschen kommt es zu einer festeren Verlötung der stark gewordenen Fascia lata mit der Obliquus externus-Aponeurose, wodurch die lateral vom Durchtritt der Gefäße und Nerven gelegene Partie niedergezogen wird. Medial ist es die Fascia ileopectinea, die mit der Pecten-Insertion des Obliquus externus verschmilzt, dieselbe bei Streckung des Beins niederzieht. Der Teil der Externus-Aponeurose, der hierbei eine Umbiegung erfährt, ist das Ligamentum Gimbernati. Erst mit dieser Umgestaltung kommt es zur Ausprägung eines Annulus femoralis externus. Das hängt mit den Änderungen der Zirkulationsverhältnisse der unteren Extremität zusammen, die *Klapp* auch berührt, ohne jedoch den sehr naheliegenden Zusammenhang mit dem Problem der Schenkelbrüche zu bemerken. Nach meinen Untersuchungen ist die Vena saphena magna eine typisch menschliche Bildung. Bei den Affen münden zwar unter der Inguinalfurche kleine Venen von verschiedenen Gegenden kommend in die Vena femoralis, aber die Ausprägung eines Hauptgefäßes, das sich über die ganze Extremität verfolgen läßt, ist nicht vorhanden. Die scheinbare Unterbrechung der Fascia lata an der Fossa ovalis ist erst durch die Verstärkung der Fascia überhaupt entstanden und damit erst wurde die Möglichkeit der Bildung des sogenannten Schenkelkanals gegeben, dessen äußere und innere Öffnung genetisch ganz unabhängig von einander sind. Deutlicher als in diesem Falle kann wohl die orthogenetische Natur einer krankhaften Disposition gar nicht gedacht werden. Ein Gegenstück zu der sekundären Ausbildung der Vena saphena magna bildet die Rückbildung der Arteria saphena, die, wie *Popensky* vermutete, mit der Aufrichtung des Körpers zusammenhängt. Sehr richtig betont *Klapp* die Verlängerung der Blutsäule und die Vergrößerung des hydrostatischen Druckes, als deren Folgezustand die Varizen aufzufassen sind. Am Arm fehlt die Ursache und damit das Leiden gänzlich.

Interessant sind die Bemerkungen *Klapp*s, daß die Veränderungen der Körperhaltung sogar für die Zirkulationsänderungen im Bereich der unteren Hohlvene verantwortlich gemacht werden sollen, und daß mit der Ausprägung der Lordose, die ja auch so typisch menschlich ist, Schäden gesetzt würden, die zum Auftreten der „orthotischen Albuminurie" führen können.

Für den Zentralapparat des Gefäßsystems ist in der *Klapp*schen Betrachtung der Umstand störend, daß er von der horizontalen Lage ausgeht und eine Stellungsänderung der Körperachse von 90° annimmt. „Man kann den horizontalen Kreislauf beim Säugetier mit der Wasserleitung für das Parterre, den vertikalen Kreislauf des Menschen mit der Wasserleitung für die 4. Etage vergleichen." Diese Differenz ist doch überschätzt. Man sollte vielmehr das in jedem Falle relativ günstige Verhältnis der halbaufrechten Haltung für die Zirkulation betonen im Unterschied von den beiden Extremen, deren eines die aufrechte, deren anderes die horizontale Stellung bedeutet. Daß die letztere typische quadrupede Situation auch ihre Nachteile haben muß, ist ja klar. Dieselben Mängel, die beim

Menschen der unteren Extremität anhaften, betreffen z. B. bei den Huftieren sicherlich beide Extremitätenpaare.

Eine schärfere Sonderung dieser verschiedenen Situationsmöglichkeiten dürfte, wie ich vermute, auch praktisch sich als fruchtbar erweisen bezüglich der therapeutischen Konsequenzen, die *Klapp* aus seinen Deduktionen ableitet. Das Kriechverfahren, das *Klapp* und andere namentlich zur Behandlung der Skoliose und der Thoraxenge empfehlen, scheint mir etwas zu viel des Guten. Nach meinen Vorstellungen würden Kletterbewegungen bei halbaufrechter Position dasselbe erreichen und wahrscheinlich noch günstigere Folgen haben. Ähnliche Verfahren werden ja auch schon von den Orthopäden benutzt. Senkrecht oder leicht schräg gestellte Stangen mit Querhölzern für die Griffe, vielleicht auch Nachahmungen der australischen Kletterweise an künstlichen Kletterbäumen mit Kerben würde ich empfehlen. Mir scheint aber, daß wir ein sehr viel einfacheres Mittel besitzen, das nahezu alle gewünschten mechanischen Bedingungen für Thoraxmobilisierung besitzt und außerdem noch die Kulturschäden gründlich bekämpft, das ist das Bergsteigen, und zwar nicht das auf wohlgeebneten Pfaden der Mittelgebirge, sondern das Klettern in den Alpen. Eine systematische Anwendung dieser Therapie gerade in den Entwicklungsjahren, etwa vom 10. Jahre an, dürfte prophylaktisch und direkt therapeutisch allen Zimmermethoden überlegen sein.

An den Betrachtungen *Harts*, die *Klapp* zitiert, über die stammesgeschichtliche Veränderung der Thoraxform ist sehr viel Richtiges. Aber die „Vierfüßler"-Form des Thorax ist nichts den Quadrupeden Eigentümliches, sondern besteht als Urzustand bei den primitiven Klettersäugetieren und wird vom menschlichen Embryo wiederholt. Auch hier können wir zwei Wege der Entwicklung feststellen, einmal eine noch weitere Verschmälerung unter Rückbildung der Clavicula, zweitens eine Verbreiterung bei Abnahme des sagittalen Durchmessers und Verlagerung der Scapula nach hinten. Die Scapula befindet sich ursprünglich in einer annähernd sagittalen Haltung zur Seite des Thorax. Die Gelenkfläche für den Humerus ist annähernd nach vorn, respektive vertikal gerichtet. Mit der Verbreiterung des Thorax rückt sie mehr auf dessen Hinterfläche in eine frontale Stellung. Das flügelförmige Abstehen der Scapula ist noch ein Rest der alten, tierischen Stellung. Mit diesen Veränderungen geht eine Größenzunahme der Fossa infraspinata einher, entsprechend einer Verstärkung der supinatorischen Muskulatur des Armes, die ich auch mit dem menschlichen Klettermechanismus in Zusammenhang bringe, die sich aber für die Benützung des Armes zum Werfen, z. B. von Wurfkeulen, Speeren etc, als sehr nützlich erweist. Damit gehen auch die Veränderungen am Humerus vor sich. Das Caput humeri stand naturgemäß ursprünglich ziemlich genau nach hinten, da die dazugehörige Scapulargelenkfläche nach vorn sah. Richtet sich letztere mehr seitlich, so wird der Humeruskopf ihr folgen und mehr medialwärts sich einstellen müssen. Dem entsprechend finden sich Unterschiede innerhalb der Menschheit, die

schon seit längerer Zeit tatsächlich bekannt, als Variationen des „Torsionswinkels" des Humerus aufgefaßt werden. Dieser Winkel bezeichnet die Divergenz einer transversal durch das Cubitalgelenk gelegten Achse von einer durch das Caput humeris gelegten Geraden. Ursprünglich sich einem Rechten nähernd, verkleinert sich dieser Winkel bis um die Hälfte je nach der Einwärtsumstellung des Humeruskopfes entsprechend der Umstellung der Scapula in Abhängigkeit von der Thoraxverbreiterung. Auffällig ist, daß der Gorilla auch in diesen Punkten sich gar nicht primitiv verhält, sondern mitten in die Variationsbreite höherer Menschenrassen fällt; sein mächtiger breiter Thorax verrät ebenso wie sein Fuß, daß hier bereits eine menschliche Entwicklungsbahn eingeschlagen war, die erst sekundär verlassen wurde.

Fig. 106.

Zwei australische Eingeborene, die Proportionen eines menschlichen Primitivtypus zeigend. Arme und Beine relativ sehr lang, besonders die distalen Abschnitte in Vergleichung mit dem Rumpf. Beispiele für niedere Menschenrasse, in der die sekundären Einwirkungen der aufrechten Körperhaltung noch nicht zur Herrschaft gelangt sind.

(*Klaatsch* phot.)

Die Australier zeigen noch die schmale Thoraxform recht auffällig, ohne daß schädliche Folgen bemerkbar wären. Ihre große Ausdauer im Laufen, die Fähigkeit, Strapazen und Verletzungen viel besser zu überstehen als Europäer, sind deutliche Zeichen dafür, daß die Insuffizienz der Stützgewebe noch fehlt.

Tuberkulose scheint vor der Entdeckung Australiens durch die Europäer nicht dort bestanden zu haben. Die Eingeborenen unterliegen allen Kulturkrankheiten sowie sie mit Europäern zusammenleben.

In neuerer Zeit ist auch das Interesse der Neuropathologen für die stammesgeschichtlichen Forschungen erwacht. Seit mehreren Jahren hat mein hiesiger Kollege und Freund *Otfried Foerster* sich eingehend mit der Ätiologie der Ausfallkontraktionen bei Kindern beschäftigt und wurde hierbei auf stammesgeschichtliche Fragen geführt. Seine Publikationen bildeten die Anregung zu sehr interessanten Studien, die neuerdings Dr. *K. Hasebrock* vom Hamburger Medico-mechanischen Institut über schlechte Haltung und schlechten Gang der Kinder im Lichte der Abstammungslehre anstellte und zu praktischen Schlußfolgerungen verwertete. *Hasebrock* nimmt viel spezieller als *Klapp* auf meine Untersuchungen Bezug und schließt sich meinen Anschauungen über den „Klettergang" als Vorläufer des „Aufrechtganges" vollständig an. Was seinen Ausführungen ein noch größeres Interesse als denen *Klapps* verleiht, ist die Berücksichtigung der Zentral-

apparate. Seine Hauptresultate sind: „Die besagten Anomalien der Haltung und des Ganges resp. die ursächlichen Muskelspannungen sind auf Vorfahrencharaktere zurückzuführen, die mit der kletternden Lokomotion zusammenhängen. Es handelt sich hierbei um nichts anderes als um innerhalb physiologischer Breite sich abspielende Innervationsvorgänge, die auf dem Wege der Entwicklung zur Aufrechthaltung und zum Aufrechtgang liegen und wie sie der Ausdruck eines nachklingenden Widerstreites sind zwischen alteingesessenen und durch Anpassung an den Aufrechtgang nötig werdenden neuen Innervationsmechanismen."

Hasebroek hat aus diesen Betrachtungen bereits mit gutem Erfolg therapeutische Konsequenzen gezogen, wobei es sich eben darum handelt, durch Massage und spezielle Übung mancher Muskelgruppen die fehlerhaften Zustände, die zum Teil auffällige Ähnlichkeit mit der Lokomotion der Anthropoiden aufweisen, zu bekämpfen.

So stellt z. B. die Neigung zu starker Innenrotation des Unterschenkels eine deutliche Annäherung an die Menschenaffenzustände dar. Die nahe Berührung von Theorie und Praxis konnte sich nicht besser dartun lassen, als auf dem noch für die Zukunft ein reiches Arbeitsfeld darstellenden Gebiete der Stammesgeschichte und Mechanik des Menschenfußes.

Literatur.

P. Albrecht, Über diejenigen chirurgischen Krankheiten, welche die Menschen sich dadurch erworben haben, daß sie in die aufrechte Stellung übergegangen sind. Verh. d. Ges. f. Chir., 1887.

E. Baelz, Die körperlichen Eigenschaften der Japaner. Mitt. d. Deutschen Ges. f. Natur- u. Völkerkunde Ostasiens. Tokio, Berlin, Bd. IV, H. XXXII, 1885.

Bessel Hagen, Pathologie des Klumpfußes. Heidelberg 1889.

Burmeister, Geologische Bilder zur Geschichte der Erde und ihrer Bewohner. Der menschliche Fuß als Charakter der Menschheit. 1835.

W. L. H. Duckworth, Bericht über einen Fötus von Gorilla Savagei. Arch. f. Anthropologie. XXVII. Bd., 1900.

Rudolf Fick, Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke. III. Teil. Jena 1911.

Otfried Foerster, Die Contracturen bei den Erkrankungen der Pyramidenbahn. 1906.

Hans Friedenthal, Beiträge zur Naturgeschichte des Menschen. V. Sonderformen der menschlichen Leibesbildung. Jena, G. Fischer, 1910.

E. Fuld, Über Veränderungen der Hinterbeinknochen von Hunden infolge mangels der Vorderbeine. Beitrag zur Frage nach den Ursachen der Knochengestaltung und zur Transformationslehre der Organismen. *Roux'* Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen, XI. Bd., 1901.

K. Hasebroek, Über infantile Muskelspannungen und deren phylogenetische Bedeutung für die pathologischen Contracturen. Vortrag auf dem Kongreß für innere Medizin. Wiesbaden 1909. Verhandlungen und Deutsches Archiv für klin. Med., Bd. 97, pag. 409 ff.

Derselbe, Über schlechte Haltung und schlechten Gang der Kinder im Lichte der Abstammungslehre, zugleich ein Beitrag zum Kapitel der Mittelfußbeschwerden enthaltend. Zeitschr. f. orthop. Chir., XXVI. Bd., 1911.

Derselbe, Die Vorwärtslagerung des Schultergürtels als Haltungsanomalie und ihre Beziehung zum runden Rücken. Zeitschr. f. orthop. Chir., Bd. XII.

Hatschek, Die paarigen Extremitäten der Wirbeltiere. Verhandlungen des Anatomenkongresses, Berlin 1889.

Ch. Havelock, The influence of function as exemplified in the morphology of the lower extremity of the Panjabi. The Journal of Anat. and Phys., Vol. XXVIII, N. S., Vol. XIII, 1894.

Henke und *Reyher*, Studien über die Entwicklung der Extremitäten des Menschen, insbesondere der Gelenkflächen. Sitzungsber. d. Kaiserl. Akad. d. Wissensch. in Wien, Math.-naturw. Kl., Bd. LXX, 1874.

H. H. Hirsch, Die mechanische Bedeutung der Schienbeinform mit besonderer Berücksichtigung der Platyknemie. Ein Beitrag zur Begründung des Gesetzes der funktionellen Knochengestalt. Mit einem Vorwort von *Rudolf Virchow*. Berlin 1895.

C. Hüter, Anatomische Studien an den Extremitätengelenken Neugeborener. *Virchows* Archiv, XXV, 1862.

Derselbe, Zur Ätiologie der Fußwurzelcontracturen. *Langenbecks* Archiv, Bd. IV, 1863.

Hultkrantz, Zur Osteologie der Ona- und Jahga-Indianer des Feuerlandes. Wissenschaftliche Ergebnisse der schwedischen Expedition nach den Magelhaenländern 1895 bis 1897. Stockholm 1900.

Humphrey, The angle of the neck of the shaft of the femur of different periods of lip and under different circumstances. The Journ. of Anat. and Physiol., Vol. XXIII, N. S., Vol. III.

Th. Huxley, Evidence as to mans place in Nature. London 1863.

H. Klaatsch, Das Gliedmaßenskelett des Neandertalmenschen. Verhandlungen des Anatomen-Kongresses, Bonn 1901.

Derselbe, Die fossilen Knochenreste des Menschen und ihre Bedeutung für das Abstammungsproblem. *Merkel-Bonnets* Ergebnisse, 1899.

Derselbe, Die wichtigsten Variationen am Skelett der freien unteren Extremität des Menschen und ihre Bedeutung für das Abstammungsproblem. *Merkel-Bonnets* Ergebnisse, 1900.

Derselbe, Der kurze Kopf des Biceps femoris und der Tenuissimus. Morphol. Jahrb., Bd. XXIX, 1900.

Derselbe, Die Ausprägung der spezifisch menschlichen Merkmale in unserer Vorfahrenreihe. Verhandlungen des Anthropologen-Kongresses, Metz 1901.

Derselbe, Die Variationen am Skelett der jetzigen Menschheit. Verhandlungen des Anthropologen-Kongresses, Dortmund 1902.

Derselbe, Zur Morphologie der Tastballen der Säugetiere. Morpholog. Jahrbuch, XIV, 1899.

Derselbe, Die Brustflosse der Crossopterygier. Ein Beitrag zur Anwendung der Archipterygiumtheorie auf die Gliedmaßen der Landwirbeltiere. Festschrift für *Gegenbaur*, 1896.

Derselbe, Über den Arcus cruralis. Verhandlungen des Anatomen-Kongresses, Würzburg 1887.

Derselbe, Entstehung und Entwicklung des Menschengeschlechtes. Weltall und Menschheit. Verlag R. Bong & Co., II. Bd., 1902.

Derselbe, Die Fortschritte der Lehre von den fossilen Knochenresten des Menschen in den Jahren 1900—1903. *Merkel-Bonnets* Ergebnisse, 1903.

Derselbe, Reiseberichte aus Australien 1904—1907 in der Zeitschr. f. Ethnologie.

Derselbe, Ergebnisse meiner australischen Reise. Verhandlungen des Anthropologen-Kongresses, Straßburg 1907.

Derselbe, Die Aurignacrasse und ihre Stellung im Stammbaum der Menschheit. Zeitschrift f. Ethnologie, 1910.

Derselbe, Die Stellung des Menschen im Naturganzen. Vortrag. *Münchs* Abstammungslehre. Verlag G. Fischer, Jena 1911.

Fr. Keibel und *Fr. Mall*, Handbuch der Entwicklungsgeschichte des Menschen. Leipzig 1911.

Rudolf Klapp, Der Erwerb der aufrechten Körperhaltung und seine Bedeutung für die Entstehung orthogenetischer Erkrankungen. (Aus der Kgl. chirurg. Klinik des Geheimrats *Bier*, Berlin.) Münchener med. Wochenschr., Nr. 11 und 12, 1910.

K. Langer, Über das Sprunggelenk der Säugetiere und des Menschen. Denkschrift der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien. Math.-naturw. Kl., Bd. XII. Wien 1856.

S. P. Lazarus, Zur Morphologie des Fußskeletts. Morphol. Jahrb., 24. Bd., 1895.

Lebouco, Über prähistorische Tarsusknochen. Verhandlungen des Anatomen-Kongresses, Halle 1902.

E. Loth, Die Aponeurosis plantaris in der Primatenreihe mit spezieller Berücksichtigung des Menschen. Morphol. Jahrb., XXXVIII, 1908.

J. Chr. Lucae, Die Hand und der Fuß, ein Beitrag zur vergleichenden Osteologie der Menschen, Affen und Beuteltiere. Abhandl. der Senckenberger naturf. Ges., Bd. 5, 1864 und 1865.

L. Manouvrier, Étude sur la rétroversion de la tête du tibia et l'attitude humaine à l'époque quaternaire. Mém. de la soc. d'anthrop. de Paris, Sér. 2, T. IV, 1889.

R. Martin, Zur physischen Anthropologie der Feuerländer. Arch. f. Anthropol., 1894, Bd. XXVII.

Derselbe, Die Inlandsstämme der Malaiischen Halbinsel. Wissenschaftliche Ergebnisse einer Reise durch die vereinigten Malaiischen Staaten. Jena 1905.

H. v. Meyer, Statik und Mechanik des menschlichen Knochengerüstes. Leipzig 1873.

Derselbe, Ursache und Mechanismus des erworbenen Plattfußes. Jena 1883.

Derselbe, Statik und Mechanik des menschlichen Fußes.

Revenstorf, Über die Transformation der Calcaneusarchitektur. *Roux'* Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen, XXIII. Bd., 1907.

F. Regnault, Du rôle du pied comme organe préhensile chez les Indiens. Compt. rend. d. sc. de l'ac. de Paris, T. 113, 1891.

Derselbe, Sur les altitudes du repos dans l'espèce humaine. Revue encyclopaed., 1896.

G. Retzius, Über die Aufrichtung des fötal retrovertierten Kopfes der Tibia beim Menschen. Zeitschr. f. Morph. u. Anat., Bd. II, 1900.

Derselbe, Zur Kenntnis der Entwicklung der Körperformen des Menschen während der fötalen Lebensstufen. Biol. Untersuchungen, N. F., XI. Jena 1904.

P. und *F. Sarasin*, Ergebnisse naturwissenschaftlicher Forschungen auf Ceylon in den Jahren 1884—1886. III. Bd. Die Weddas von Ceylon und die sie umgebenden Völkerschaften. Wiesbaden 1893.

A. Thomson, The Influence of Posture on the Forme of the Articular Surfaces of the Tibia and Astragalus in the Different Races of Man and the Higher Apes. Journ.

of Anat. and Physiol., Vol. XXIII, N. S., Vol. III. 1889. Vol. XXIV, N. S., Vol. IV. 1890.

Derselbe, Description of two skeletons of Akkas, a pygmy race from central Africa. The journal of the anthrop. instit. of Great Britain and Ireland, Vol. 1889.

Derselbe, On the Osteology of the Veddah, of Ceylon. Ebenda, Vol. 19. 1890.

Tornier, Die Phylogenese des terminalen Segmentes der Säugetier-Hintergliedmaßen. Morphol. Jahrb., XV u. XVI, 1888 u. 1889.

H. Vogt, Die Bedeutung der Hirnentwicklung für den aufrechten Gang. Festschrift zum 39. Anthropologentag Frankfurt a. M. 1908.

K. Weule, Die Kultur der Kulturlosen. Stuttgart. Kosmos, 1911.

R. Wiedersheim, Der Bau des Menschen als Zeugnis für seine Vergangenheit. 4. Aufl. Tübingen 1908.

Druck von Gottlieb Gistel & Cie., Wien, III., Münzgasse 6

QH
9
F6
Bd.7

Fortschritte der naturwissenschaftlichen Forschung

BioMed.

PLEASE DO NOT REMOVE
CARDS OR SLIPS FROM THIS POCKET

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY